

Potrošak korundnih brusnih ploča iznosi $\sim 0,04$ kg po 1 kg skinute čelične strugotine, za karborundne ploče taj je potrošak oko dva puta veći. Tvrdo lijevano željezo troši ploču oko tri puta više nego mehani sivi lijev.

Rashladivanje pri brušenju. Kako se relativno visoki specifični potrošak rada brušenja pretvara u toplinu, potrebno je predvidjeti hlađenje s pomoću prikladne tekućine koja će, osim toga, poslužiti i za odvod strugotine, a pri finoj obradi dat će i bolju glatkoću površine. Za čelik se uzima mlaz vode uz dodatak sode ili malo ulja, za aluminij se uzima petrolej ili smjesa petroleja i ulja. Količina rashladne tekućine mora biti to veća što su veće dodirne površine i brzina brusne ploče.

Učvršćivanje brusnih ploča. Na sl. 78 prikazano je nekoliko načina učvršćivanja brusnih ploča. Jedan od najčešćih načina za malene ploče pokazuje sl. 78a; za ploče većeg promjera i s većim prorptom u centru služi način prema sl. 78b. Između prirubnice i brusne ploče stavi se podloga od kartona, kože ili sličnog materijala da se dobije jednoliki pritisak na krtu ploču. Sl. 78c prikazuje učvršćenje prstenastih brusnih ploča na metalno kolo a sl. 78d pričvršćivanje segmentnih brusnih kola. Za nasadivanje na osovinu nalazi se u sredini ploče olovni prsten (sl. 78a) koji mora imati provrt za desetinku milimetra veći od promjera osovine.

LIT.: J. Dinnebier, Senken und Reiben, Berlin 1943. — Isti, Bohren, Berlin 1943. — I. Jagić, Alati za rezanje i savijanje na prešama, Zagreb 1947. — P. Stanković, Mašine alatke, Beograd 1948. — E. Matić, Alat i mašine alatke, Beograd 1949. — D. Mančić, Bušenje, Zagreb 1949. — E. Brödner, Zerspanung und Werkstoff, Essen 1950. — C. W. Hinman, Pressworking of metals, New York-London 1950. — H. Hilbert, Stanzereitechnik, München 1924. — G. Oehler i N. Kaiser, Schnitt-, Stanz- und Ziehwerkzeuge, Berlin 1957. — A. H. Malov, Tekhnologija hladnog nitampona, Moskva 1958. — H. R. Zubricki, A. A. Ščiškin, D. L. Jodan, Obrađivanje metalova rezanim, Moskva 1958. — M. H. Kaušin, Rezanie metalova, Moskva 1958. — C. R. Hine, Machine tools for engineers, New York 1959.

J. Hr.

ALATNI STROJEVI, strojevi čijim posredstvom čovjek upravlja alatom u proizvodnom procesu. Njihova je zadaća da ostvare relativno kretanje alata prema izratku i da razviju snagu potrebnu za njegovo djelovanje. Preciznošću svojih pokreta i svojom snagom nadmašili su alatni strojevi čovjeka i omogućili suvremenim industrijskim načinom proizvodnju. Alatnim strojevima u užem smislu, koji se u ovom članku opisuju, smatraju se strojevi koji nose alat za obradu skidanjem strugotine.

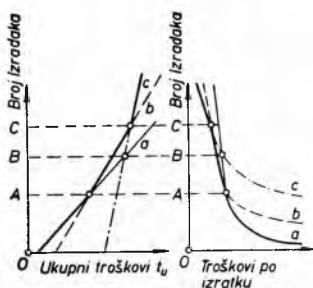
Postupak skidanja strugotine može se podijeliti prema relativnom kretanju alata na ove glavne vrste: bljanjanje, tokarenje, bušenje, glodanje, struganje i brušenje. Tablica 1 daje pregled ISO-kvaliteta koje se mogu postići pojedinim postupcima obrade, a tablica 2 daje pregled finoće obradene površine.

Tablica 1
PREGLED DOSTIŽIVIH ISO-KVALITETA

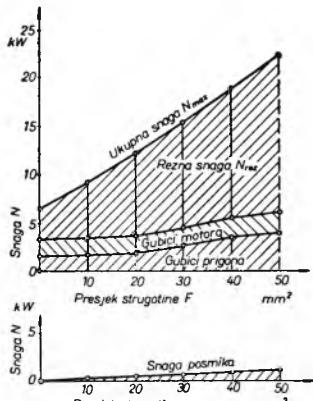
Postupak obrade	ISO-kvaliteti															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bljanjanje																
Tokarenje																
Bušenje																
Obodno glodanje																
Čeono glodanje																
Struganje																
Brušenje																
Vlačno glaćanje																
Titrajuće glaćanje																
Lepanje																

Izbor najpogodnijeg postupka ovisi o troškovima postupka i o broju izradaka. Troškovi t_u dijele se na čvrste troškove t_c i proporcionalne troškove t_p : $t_u = t_c + t_p$. Što su veći čvrsti troškovi t_c to mora biti i veći broj izradaka na raspolažanju da troškovi po jednom izratku budu što manji (sl. 1). Čvrsti troškovi t_c nastaju prilikom udešavanja alatnog stroja, a osim toga obuhvaćaju nabavne troškove samoga alatnog stroja i troškove izrade alata, naprava, steznih uređaja, mjerki i mjerila. Proporcionalni troškovi ovise o samim izracima. Ako su čvrsti troškovi pojedinoga postupka maleni, udio je proporcionalnih troškova u ukupnom trošku velik i zbog toga je takav postupak primjenljiv samo pri

obradi manjega broja izradaka. Na sl. 1 prikazani su ukupni troškovi triju postupaka a, b i c jedne te iste tehnološke obrade, u zavisnosti od broja obradenih izradaka, i troškovi koji otpadaju na pojedini izradak u zavisnosti od izabranog postupka i broja obrađenih izradaka. Vidi se da je do broja izradaka A ekonomski opravdan postupak a, od broja A do broja C dolazi u obzir postupak b, a kad je broj izradaka veći od C , ekonomski je opravдан postupak c. Krivulje desno pokazuju da su kod postupka a visoki proporcionalni troškovi t_p , a kod postupka c čvrsti troškovi t_c .



Sl. 1. Načinski prikaz troškova proizvodnje za tri razna postupka iste tehnološke obrade a, b, c u zavisnosti od broja izradaka



Sl. 2. Načinski prikaz podjele iskoristene snage N_{isk} u tokarilici u zavisnosti od presjeka strugotine F

$$a \quad N_{max} = N_{ncls} + N_{isk} = N_{ncls} + N_{rez} + N_{jal}.$$

$$N_{isk} = N_{rez} + N_{jal},$$

Tablica 2
PREGLED FINOĆE OBRAĐENE POVRŠINE

Postupak obrade	Dubina hraptavosti (μ)										Površinska nosivost (%)
	400	250	160	100	60	40	25	16	10	6	
Bljanjanje											25...40
Tokarenje											25...60
Bušenje											25...40
Glodanje											25...40
Struganje											25...60
Brušenje											10...80
Vlačno glaćanje											10...40
Razrvrtavanje											10...40
Poliranje											60...90
Vlačno glaćanje											60...90
Titrajuće „											60...90
Lepanje											40...90
Elek- erozija											40...80
tro- poliranje											60...90
brušenje											40...80

Ukupni stupanj djelovanja alatnog stroja $\eta = N_{rez}/N_{max}$ raste ukoliko pri povećanju ukupnoj snazi N_{max} raste i udjel snage rezanja N_{rez} u ukupnoj snazi N_{max} (sl. 2). Stupanj djelovanja alatnih strojeva s kružnim glatkanjem kreće se oko 0,7. Alatni strojevi s prekinutim i reverzionim glavnim kretanjem (bljanjalice) imaju $\eta \approx 0,3$. Kod manjih tokarilica, bušilica i sličnih alatnih strojeva otpada na snagu posmaka $\sim 0,1 N_{isk}$,

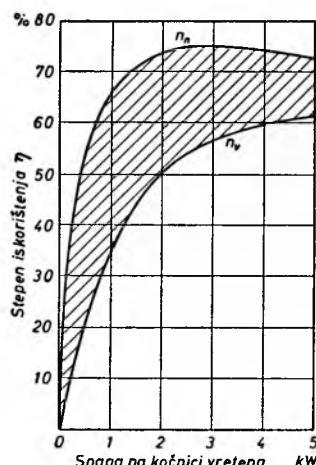
kod većih $\sim 0,05 N_{isk}$. U-kupni stupanj djelovanja η alatnih strojeva sa zupčanim prigonima (vreteništem, Norton-kućištem itd.) to je nepovoljniji što su veći brojevi okretaja pojedinih osovina i zupčanika (zbog većeg razvijanja topline, sl. 3).

Od rasploživog vremena T_{max} iskoristivo je samo T_{isk} , dok je T_{gub} gubitak vremena (zbog svih vremena stajanja: pauze, izvanplanski gubici vremena, vrijeme uđešavanja stroja itd.). Iskoristeno vrijeme T_{isk} potrebno za obradu jednog izrata dijeli se u glavno iskoristeno vrijeme $T_{isk\ g}$ i sporedno iskoristeno vrijeme $T_{isk\ sp}$:

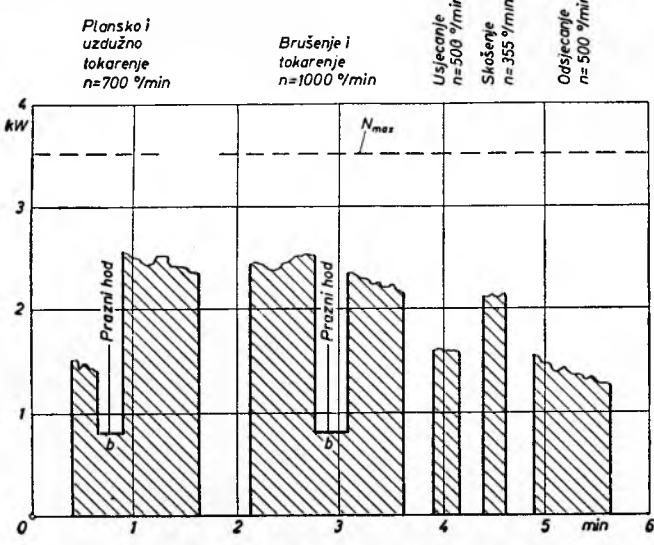
$$T_{isk} = T_{isk\ g} + T_{isk\ sp}$$

Sporedno vrijeme $T_{isk\ sp}$ osobito je veliko za revolverske tokarilice i za blanjalice ($\sim 50\%$).

Slika 4 prikazuje tok obrade jednog izrata na revolverskoj tokarilici. Kapacitet u vremenskom periodu $T_{max} = 6$ min i uz snagu $N_{max} = 3,5$ kW iznosi $E = N_{max} \cdot T_{max} = 0,35$ kWh. Zbroj površina šrafiranih polja proporcionalan je stvarno utrošenom radu. Za vrijeme prekopčavanja stroj miruje, a kod b stroj radi u praznom hodu. Udio vremena za obradu je $T_{isk\ g}/T_{max} = 3,45/6 = 0,575$.



Sl. 3. Načredni prikaz ukupnog stepena učina η tokarilice u području između najviše brzine okretaja n_v i najniže n_n u zavisnosti od snage



Sl. 4. Tok obrade na revolverskoj tokarilici

Tačnost izrade alatnog stroja propisuju jugoslavenski standardi za prijem alatnih strojeva u grupi standarda JUS M. GO, prema kojima se na neopterećenom alatnom stroju mjeri greške oblika i položaja pojedinih glavnih elemenata. Pri obradi pod opterećenjem dolazi pod utjecajem reznih sila do deformacije alatnog stroja, steznih uređaja, naprava, reznog alata i samog izrata. Prilikom obrade pojedini se dijelovi alatnog stroja ugriju i zato mijenjaju prema neugrijanima svoj položaj. Ne postoji još propisi ili standardi za ispitivanje tačnosti alatnog stroja pri obradi pod opterećenjem. Općenito stupanj tačnosti stalno pada upotrebom alatnog stroja. Opaža se da je nakon stavljanja novog alatnog stroja u pogon zbog povišenoga habanja u periodu uhodavanja opadanje stupnja tačnosti stroja nešto naglijie nego nakon perioda uhodavanja. U toku godina stupanj tačnosti stalno pada, dok konačno toliko opadne da se alatni stroj dalje može upotrijebljavati samo za predobradu.

Kružno glavno kretanje. Radi postizavanja traženih brzina rezanja v uz različite promjere izrata ili reznih alata d , alatni stroj treba da raspolaže unutar svoga definiranog područja broja okretaja B stanovitim izborom brojeva okretaja glavnog vretena n .

Područje broja okretaja definirano je izrazom $B = n_z/n_1$, gdje je n_z najveći a n_1 najmanji broj okretaja glavnog vretena. Granični brojevi okretaja n_1 i n_z određuju se prema namjeni i svrsi alatnoga stroja. Pri tome je

$$n_z = v_{max}/\pi d_{min}, \text{ a } n_1 = v_{min}/\pi d_{max},$$

dakle je

$$B = n_z/n_1 = (v_{max}/v_{min}) \cdot (d_{max}/d_{min}) = B_v \cdot B_d.$$

Za iskorističivanje alatnog stroja potrebno je veliko područje broja okretaja B , osobito ako se traži veliko područje brzine rezanja B_v i veliko područje promjera B_d (npr. horizontalne bušilice, glodalice, tokarilice). Ako je B_d maleno (kod bušilica i glodalica) ili B_v maleno (kod brzohodnih tokarilica), ili su i B_d i B_v maleni (specijalni strojevi), tada je B maleno i upotrebljeni su prigni jeftini i malih dimenzija. Za promjenu broja okretaja glavnih i posmičnih prigna upotrebljavaju se kod bestepenih prigna električni, hidraulični i tari prigni, a kod stepenastih zupčani, remenski i električni prigni.

Aritmetičko stupnjevanje brojeva okretaja glavnog vretena n stepenastih prigna je stupnjevanje pri kojemu brojevi okretaja tvore aritmetički niz: $n_k = n_1 + (k-1)a$, gdje je a stalna razlika između dva uzastopna člana reda.

Za određeni promjer d vrijedi: $v_k - v_{k-1} = \pi ad$.

Prema tome uz male promjere stoji na raspolažanju gušći niz brojeva rezanja nego uz velike promjere. Za ekonomičan rad bilo bi potrebno da je baš obratno. Aritmetičko stupnjevanje upotrebljava se samo na prignima za posmična ili pomoćna kretanja.

Geometrijsko stupnjevanje brojeva okretaja glavnog vretena stepenastih prigna je stupnjevanje pri kojemu brojevi okretaja tvore geometrijski niz: $n_k = n_1 \cdot \phi^{k-1}$.

Područje broja okretaja jest $B = n_z/n_1 = \phi^{z-1}$.

Razlika brzine rezanja ili ograničeni gubitak brzine rezanja je $v_k - v_{k-1} = v_k \cdot (1 - 1/\phi)$, što znači da je pri stanovitoj brzini rezanja v_k razlika brzine rezanja $v_k - v_{k-1}$ za sve promjere jednak i ovisna o izabranoj brzini rezanja v_k . Ova se brzina v_k odabire prema materijalu koji se obraduje, prema upotrebљenoj vrsti reznog alata i prema vrsti obrade. Relativni gubitak brzine rezanja iznosi $A = (v_k - v_{k-1})/v_k = (\phi - 1)/\phi$.

Geometrijsko stupnjevanje brojeva okretaja omogućuje da se potrebni prigon sastavi od jednoga temeljnog prigna s propisanim skokom ϕ i po potrebi od nekoliko umnožavajućih prigna, tako da se konačno obuhvati cijelo područje brojeva okretaja B . Takvu raspodjelu nije moguće provesti kod prigna s aritmetičkim stupnjevanjem. U slučaju da se pri obradi izradaka velikih promjera d u prigonu s geometrijskim stupnjevanjem ne raspolaže dovoljno gustim nizom brojeva okretaja, ugrađuju se u alatne strojeve prigni sa dva geometrijska reda. U području manjih promjera skok ϕ je veći nego u području velikih promjera.

Kod bestepenih prigna nailazi se uvijek na ispravan broj okretaja. Upotrebu teorijski opravdanih bestepenih prigna ograničavaju ekonomski razlozi (cijena, vrijeme uključivanja, troškovi uzdržavanja) i tehnički razlozi (područje broja okretaja, snaga). Ekonomski najpovoljnija rezna brzina i nije tačno odredena veličina pa zato nije opravdana upotreba skupih bestepenih prigna.

Standardizacijom brojeva okretaja glavnih i pomoćnih prigna alatnih strojeva postiže se pojedinstinje proizvodnje alatnih strojeva i olakšanje pripreme rađa; osim toga, norme i akordne stavke nijesu potrebno izračunavati za svaki stroj posebno.

Geometrijsko stupnjevanje sa svojom mogućnošću umnožavanja s pomoću umnožavajućih prigna čini osnovu za standardizaciju brojeva okretaja.

Standardizacija brojeva okretaja provedena je na temelju ISO-preporuke (njemački standard DIN 804) koja se odnosi na standardizaciju brojeva okretaja pod opterećenjem. Ostvareni brojevi okretaja mogu od propisanih odstupiti do 2% i po mogućnosti treba da leže u pozitivnom polju tolerancije.

Do odstupanja od standardiziranih brojeva okretaja dolazi zato što se prijenosi zupčanicima ne mogu uvijek ostvariti u tačno

propisanim prijenosnim odnosima. Ako je u pogon uključen elektromotor, dopušta se zbog različitih faktora skidanja dalji dodatak do 2,5%. Tablica 3 daje pregled standardiziranih brojeva okretaja glavnih vretena pod opterećenjem i standardizirane skokove.

Do odstupanja od standardiziranih vrijednosti dolazi zato što se s raspoloživim brojevima zubi na zupčanicima posmičnih prigona ne mogu u uvijek ostvariti propisani prijenosni odnosi.

Električni prigoni. Prigoni s jednim brojem okretaja. U alatne strojeve se najviše ugrađuju asinhroni kratkospojni elek-

Tablica 3
STANDARDIZIRANI BROJEVI OKRETAJA I STEPENASTI SKOKOVI (DIN 804)

Temeljni red R 20	Nazivne vrijednosti u o/min							Granične vrijednosti u o/min temeljnog reda R 20				
	Izvedeni redovi											
	R 20/2	R 20/3 (.2800..)		R 20/4 (.1400..) (.2800..)		R 20/6 (.2800..)		uz tolerancije mehaničke	uz tolerancije mehaničke + električne			
φ = 1,12	φ = 1,25	φ = 1,4		φ = 1,6	φ = 1,6	φ = 2		-2%	+2%	-2%	+4,5%	
100 112 125 140 160	112 140	11,2 16	125	1400 140	140	112	11,2	98 110 123 138 155	102 114 128 144 162	98 110 123 138 155	105 117 132 148 166	
180 200 224 250 280	180 224 280	22,4	180 250	2000 2800	224	180 280	22,4	174 196 219 246 276	181 204 228 256 287	174 196 219 246 276	186 209 234 262 294	
315 355 400 450 500	355 450	31,5 45	355 500	4000	355	450	45	310 348 390 438 491	323 362 406 456 511	310 348 390 438 491	330 371 416 467 524	
560 630 710 800 900	560 710 900	63 90	710	5600 8000	560	710	90	551 618 694 778 873	574 643 722 810 909	551 618 694 778 873	588 659 740 830 931	
1000			1000						980	1020	980	1050

Redovi R 20, R 20/2 i R 20/4 mogu se množenjem i dijeljenjem sa 10 i 10^2 itd. proširiti naviše i naniže

Red R 20 sa skokom $\varphi = 1,12$ temeljni je red, a iz njega su izvedeni redovi R 20/2, R 20/3, R 20/4 i R 20/6, u koje se iz temeljnog reda R 20 uzimaju svaki drugi, treći, četvrti odn. šesti član, polazeći u svakom redu od jednoga odredenog člana, odnosno broja okretaja (1400 ili 2800). Najviše se upotrebljavaju prigoni s redom R 20/2 sa skokom $\varphi = 1,25$ i s redom R 20/3 sa $\varphi = 1,4$. Rijetko se upotrebljavaju redovi R 20/4 sa $\varphi = 1,6$ i R 20/6 sa $\varphi = 2$, jer je stupnjevanje pregrubo, dok je stupnjevanje temeljnog reda R 20 prefino.

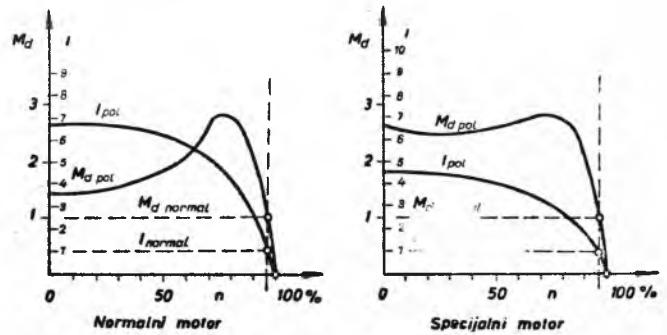
Pravocrtno glavno kretanje. Kad je glavno kretanje pravocrtno, stalno se mijenja smjer gibanja, bez obzira na to da li se kreće alat ili izradak. Uz označku L_A za radni hod, L_R za povratni hod, bit će dvostruki hod $2L = L_A + L_R$ jer je $L_A = L_R$. Vrijeme za povratni hod t_R mora biti manje od vremena radnoga hoda t_A . Brzina radnoga hoda v_A mora stoga biti manja od brzine povratnog hoda v_R . Ukoliko je odnos $q = v_R/v_A$ veći utoliko je manji udio vremena povratnog hoda u ukupnom vremenu. Srednja je brzina glavnog kretanja $v_m = 2v_A v_R/(v_A + v_R)$, a vrijeme za dvostruki hod $t = 2L/v_m$. Smjer kretanja treba da se mijenja bez udara. Potrebno je postići što konstantniju brzinu kretanja u radnom hodu.

Konstantne brzine postižu se hidrauličnim pogonom i pogonom zubnom motkom ili navojnim vretenom. Pogoni s pomoću koljenastih osovina preko kulisa daju nejednolike brzine kretanja.

Pravocrtno posmično kretanje na strojevima s kružnim glavnim kretanjem, kao što su tokarilice, glodalice, bušilice, jest stalno, dok je na strojevima s pravocrtnim kretanjem, kao što su blanjalice, isprekidano. Tablica 4 daje pregled standardiziranih posmaka alatnih strojeva (njemački standard DIN 803).

Pri standardizaciji posmaka alatnih strojeva upotrebljena su tri temeljna reda R 5 ($\varphi = 1,6$), R 10 ($\varphi = 1,25$) i R 20 ($\varphi = 1,12$) i dva izvedena reda R 10/3 ($\varphi = 2$) i R 20/3 ($\varphi = 1,4$). Ostvareni posmaci smiju od propisanih odstupati do 2%, a ako su posmaci vezani uz pojedinačni elektromotorski pogon, dopuštaju se odstupanja od -2% do +4,5%.

tromotori. Osnovne su karakteristike normalnoga kratkospojnog motora: polazni moment $M_d \text{ pol}$ je oko 3,5 puta veći od momenta u normalnom radu $M_d \text{ norm}$, a struja uključivanja I_{pol} je 6 do 7 puta veća od struje u normalnom radu I_{norm} . Specijalni asinhroni kratkospojni elektromotori s različitim izvedbama kavezama rotora (sa dvostrukim kavezom, sa kavezom s povišenim otporom) imaju znatno veći polazni momenat, $M_d \text{ pol} \approx 6 \dots 7 M_d \text{ norm}$ pri razmjerno manjoj struci uključivanja, $I_{\text{pol}} \approx 4 \dots 5 I_{\text{norm}}$, i zbog toga su prikladni za direktno priključivanje na mrežu (sl. 5). Motori s povišenim otporom u kavezu imaju i povećano klizanje (~ 10%) te su osobito prikladni za pogon alatnih strojeva kojima se često preko elektromotora mijenja smjer okretanja glavnog vretena (revolverske tokarilice, automati). Asinhroni elektromotori s kliznim kolutima upotrebljavaju se za pogon velikih alatnih strojeva. Istosmjerni uporedni motori rijedko se upotrebljavaju.

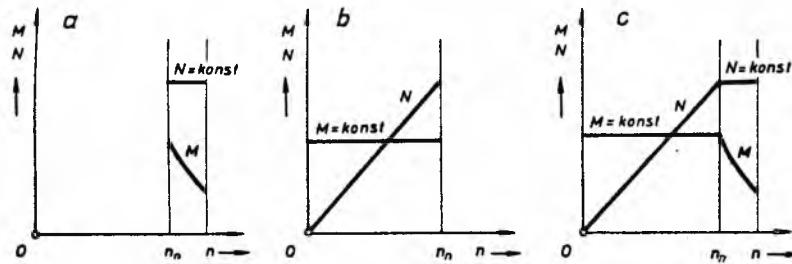


Sl. 5. Karakteristike normalnog asinhronog kratkospojnog elektromotora i motora sa specijalnim kavezom rotora

Prigoni s više brojeva okretaja. Asinhronim elektromotorima može se broj okretaja n mijenjati promjenom broja polova p jer

broj okretaja ovisi o frekvenciji f izmjeničnog napona (obično 50 Hz) kao i o broju polova p : $n \leq 2f/p$. Upotrebljavaju se elektromotori sa 2, 3 i 4 brzine okretaja, s nazivnim brojevima okretaja $n_{\text{naz}} = 500, 750, 1000, 1500$ i 3000 o/min. Ako područje okretaja motora (1,3, 1,5, 2, 3 ili 4) ne zadovoljava, područje se okretaja glavnog vretena proširuje s pomoću prigona sa zupčanicima, odgovarajućeg skoka ϕ .

Prigoni s bestepenim područjem brojeva okretaja. Istosmjernim uporednim elektromotorima može se bestepeno mijenjati



Sl. 6. Dijagram zavisnosti momenta vrtnje M i snage N od broja okretaja n elektromotora

broj okretaja n mijenjanjem jačine uzbudnog magnetskog polja, odnosno mijenjanjem napona kotve. Područje regulacije broja okretaja od 3 do 4 pri stalnoj snazi $N \approx M \cdot n = \text{konst}$. postiže se smanjenjem uzbudnog polja (sl. 6a). Promjenom napona na kotvi mijenja se broj okretaja n u odnosu na nazivni broj okretaja n_n pri stalnom momenu $M \approx N/n = \text{konst}$. (sl. 6b). Istosmjerni uporedni elektromotor u Ward-Leonardovu spoju daje ukupno područje regulacije broja okretaja 10...20. Elektronskim upravljačima mogu se bestepeno mijenjati brojevi okretaja istosmjernih

Mijenjanje smjera okretanja i kočenje. Posebno izvedeni elektromotori (kavez s povišenim otporom) dopuštaju prekapćanje smjera okretanja do 800 puta u satu.

Brzohodni elektromotori moraju se kočiti da se smanji vrijeme zaustavljanja. Kočenje se može provesti mehanički magnetskim kočnicama. Asinhroni kratkospojni elektromotori koče se ili protustrujno, pri čemu je motor snabdjeven uredajem koji sprečava da se motor nakon zaustavljanja pokrene u protivnom smjeru okretanja, ili istosmjernom strujom kroz namotaj statora (statičko magnetsko polje). Istosmjerni elektromotori koče se priključivanjem kotve na određeni otpornik.

Prigoni sa zupčanicima omogućuju stupnjevanje unutar određenog područja broja okretaja B .

Jednostepeni prigon s jednim parom izmjenljivih zupčanika stalnoga razmaka osovine A . Zupčanik s brojem zubi z_1 prenosi momenat M s osovine I preko zupčanika z_2 na osovinu II (sl. 7). Promjena broja okretaja postiže se međusobnom zamjenom zupčanika z_1 i z_2 na osovinama I i II ili ugradnjom drugih parova zupčanika $z_3/z_4, z_5/z_6, \dots$ ili $z_4/z_3, z_6/z_5, \dots$

Uvjet je

$z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 + z_6 \dots = S = \text{konst.}$,
pri istom modulu ozubljenja m .

Prijenosi su (sa n_u = ulazni n osovine I, $n_{2/1}, n_{1/2} \dots$ = izlazni n osovine II):

$$\begin{aligned} i_1 &= z_2/z_1 = n_u/n_{2/1}, \quad i_2 = z_1/z_2 = n_u/n_{1/2}, \quad i_3 = z_4/z_3 = n_u/n_{4/3}, \\ i_4 &= z_3/z_4 = n_u/n_{3/4} \text{ itd.} \end{aligned}$$

Upotrebljava se kao prigon sa zupčanicima za specijalne strojeve jer nadomeštava skupe stepenaste prigone. Ugrađuje se i u stepenaste prigone radi pomicanja područja broja okretaja B .

Tablica 4
STANDARDIZIRANI POSMACI ZA ALATNE STROJEVE (DIN 803)

Nazivne vrijednosti								Građane vrijednosti temeljnog reda R 20 uz tolerancije				
Temeljni red		Izvedeni red		Temeljni red		Izvedeni red		mehaničke		mehaničke + električne		
R 20	R 10	R 20/3 (...1...)		R 5	R 10/3 (...1...)		φ = 2		-2%	+2%	-2%	+4,5%
φ = 1,12	φ = 1,25	φ = 1,4		φ = 1,6	φ = 2		φ = 2		-2%	+2%	-2%	+4,5%
1 1,12 1,25	1 1,25	0,125	1	11,2	1	0,125	1		0,98 1,10 1,23	1,02 1,14 1,28	0,98 1,10 1,23	1,05 1,17 1,32
1,4 1,6 1,8	1,6	0,18	1,4	16	1,6			16	1,38 1,55 1,74	1,44 1,62 1,81	1,38 1,55 1,74	1,48 1,66 1,86
2 2,24 2,5	2	0,25	2	22,4	2,5	0,25	2		1,96 2,19 2,46	2,04 2,28 2,56	1,96 2,19 2,46	2,09 2,34 2,62
2,8 3,15 3,55	3,15	0,355	2,8	31,5				31,5	2,76 3,10 3,48	2,87 3,23 3,62	2,76 3,10 3,48	2,94 3,30 3,71
4 4,5 5	4 5	0,5	4	45	4	0,5	4		3,90 4,38 4,91	4,06 4,56 5,11	3,90 4,38 4,91	4,16 4,67 5,24
5,6 6,3 7,1	6,3	0,71	5,6	63	6,3			63	5,51 6,18 6,94	5,74 6,43 7,22	5,51 6,18 6,94	5,88 6,59 7,40
8 9 10	8 10		8	90		10	8		7,78 8,73 9,80	8,10 8,73 9,80	7,78 8,73 9,80	8,30 9,31 10,50

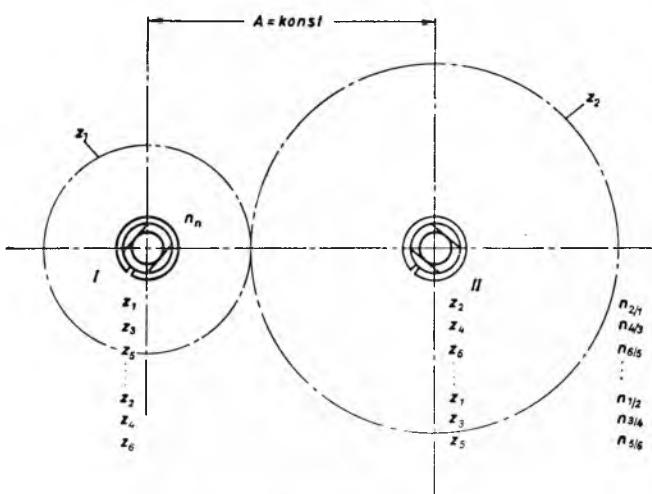
Redovi R 20, R 10 i R 5 mogu se množenjem i dijeljenjem sa 10, 10^2 itd. proširiti naviše i naniže.

Nazivne vrijednosti vrijede za posmace u mm/okr. i mm/hod, kao i za posmace nezavisne o glavnom kretanju u mm/min.

uporednih elektromotora snage do 25 kW u području od ~ 50 do n_n uz stalno M , od n_n uz stalno N (sl. 6c). Takođe se upravljačima omogućuje daljinsko i programsko upravljanje alatnim strojevima.

Jednostepeni prigon s više parova izmjenljivih zupčanika stalnog razmaka osovine A . Momenat se prenosi s osovine I na osovinu II preko nekoliko parova izmjenljivih zupčanika, koji se nalaze

na meduosovinama. Ove meduosovine mogu — montirane na škarama — zauzeti različite položaje i razmake u odnosu na čvrste osovine I i II. Zbog toga postoji mnogo veća mogućnost ugradnje

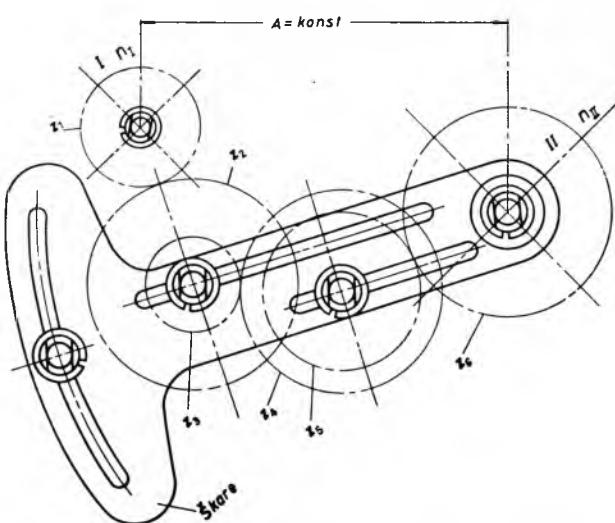


Sl. 7. Jednostepeni prigon s jednim parom izmjenljivih zupčanika

različitih prijenosa između osovine I i II i meduosovina. Ne postoje međusobno, čvrsto vezani izmjenljivi parovi zupčanika, nego samo slog izmjenljivih zupčanika koji se međusobno sprežu u parove prema potrebnim prijenosima (sl. 8). Ukupni je prijenos $i = (z_2 z_4 z_6)/(z_1 z_3 z_5) = n_1/n_{II}$. Upotrebljava se kao posmični prigon za tokarilice i kao diobeni prigon strojeva za ozubljivanje, diobenih glava itd.

Temeljni stepenasti prigon sa zupčanicima stavnog razmaka osovine A. Na osovinama I i II nalazi se nekoliko parova zupčanika. Sprezanjem pojedinih parova zupčanika ostvaruju se različiti brojevi okretaja na izlaznoj osovini II. U prigon se ugrađuju dva, tri ili četiri para zupčanika. Kod trostopenastoga temeljnog prigona (sl. 9) dobivaju se tri prijenosa: $i_1 = z_2/z_1 = n_u/n_1$, $i_2 = z_4/z_3 = n_u/n_2$ i $i_3 = z_6/z_5 = n_u/n_3$, gdje je n_u = ulazni broj okretaja osovine I, a n_1 , n_2 i n_3 su izlazni brojevi okretaja osovine II. Uz isti modul m mora biti ispunjen uvjet:

$$S = z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = \text{konst.}$$



Sl. 8. Jednostepeni prigon s više parova izmjenljivih zupčanika

S pomoću temeljnih stepenastih prigona mogu se izgraditi veći stepenasti prigoni koji obuhvaćaju veliko područje broja okretaja glavnog vretena.

Troosovinski stepenasti prigon sa zupčanicima sastoji se od dva međusobno povezana temeljna stepenasta prigona (sl. 10).

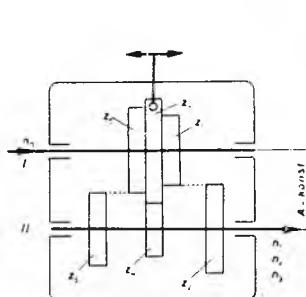
Medusobnim povezivanjem pojedinih prigona dobivaju se četverostepeni, šesterostepeni i deveterostepeni troosovinski prigoni sa zupčanicima. Troosovinski prigoni dopuštaju da jedan te isti zupčanik na osovini II bude pokretan i da sam pokreće. Tako se dobivaju vezani troosovinski stepenasti prigoni.

Višeosovinski stepenasti prigoni sa zupčanicima. Kad se na troosovinski stepenasti prigon dograde dalji dvostepenasti temeljni prigoni, dobiva se na glavnom vretenu osam i više brojeva okretaja.

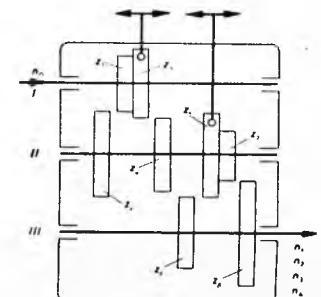
Vlačni prigoni. Remenski prigoni služe na alatnim strojevima za prijenos snage s pogonskog elektromotora na druge prigone stroja, a i neposredno na glavno vreteno stroja.

Prednosti remenskog prigona sastoje se u elastičnosti prijenosa, prigušivanju udaraca i zaštiti od preopterećenja. Remenski prigon omogućuje slobodniji izbor pogonskog elektromotora i njegov slobodniji smještaj unutar alatnog stroja. Prednost imaju beskrajni plosni i klinasti remeni zbog mirnoga hoda. Remenski prigon upotrebljava se i za direktni pogon brzohodnih vretena, osobito kad se traži miran hod. U tom je slučaju potrebno da se posebno uleži remenica, a momenat se vrtne prenosi na vreteno preko čeljsne spojke. Visoki brojevi okretaja brzohodnih strojeva ostvaruju se putem remenskog prigona, a niski se brojevi okretaja ostvaruju putem zupčanika u jednom te istom prigonu. Stepenasti remenski prigon se upotrebljava samo za male bušilice i male brzohodne tokarilice. Plosni remeni od svile ili sintetičkih vlakana obično se upotrebljavaju za pogon vretena za unutarnje brušenje.

Lančani prigon upotrebljava se za pogon sporohodnih prigona na alatnim strojevima koji ostvaruju sporedno kretanje (posmak).



Sl. 9. Temeljni stepenasti prigon sa zupčanicima (trostepeni)



Sl. 10. Troosovinski stepenasti prigon sa zupčanicima (četvorostepeni)

Obično se upotrebljavaju kolutni lanci, jednoredni, dvoredni i višeredni, i zupčasti lanci, koji se zbog mirnog hoda uključuju i u glavni pogon manjih snaga (npr. na automatsima). Lančani se prigoni upotrebljavaju i u prigonima s bestepenom regulacijom broja okretaja. Područje je regulacije $B \approx 5$.

Tarni prigoni se upotrebljavaju za bestepenu regulaciju broja okretaja, i to glavnih i sporednih prigona, pri prijenosu male snage na razmjerno velike brzine kretanja a maloga područja regulacije ($B \approx 5$, glavni prigon malih bušilica).

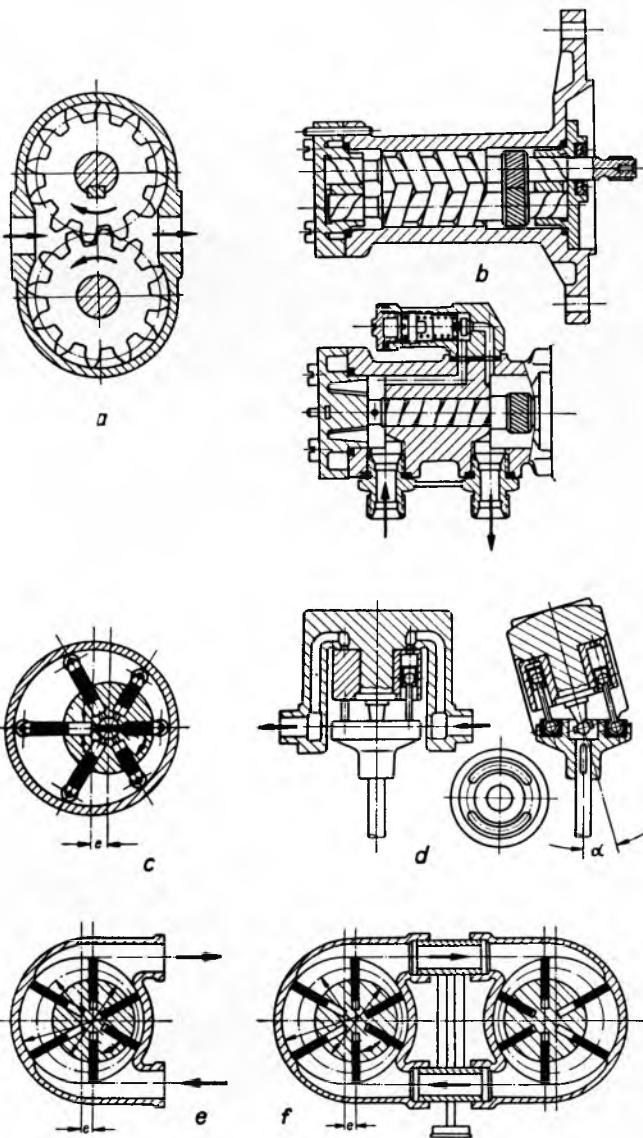
Hidraulični prigoni u alatnim strojevima prenose silu pritiskom, pri čemu ulje (viskozitet 2,5...4,5 E/50°C) služi kao sredstvo prijenosa. Hidraulični prigoni mogu se u velikim razmjerima bestepeno mijenjati brzine kružnih i pravocrtnih kretanja. Hidraulični prigoni sa pravocrtnim oscilirajućim kretanjem (stol brusilicā, klizač kratkohodnih blanjalica, stol dugohodnih blanjalica itd.) postižu jednoličnu radnu brzinu kretanja i potrebljeno prekopčavanje smjera hoda. Osim toga može se pritisak ulja upotrijebiti za stezanje izradaka u zahvatnim uredajima alatnog stroja i za izvršavanje različitih upravljačkih operacija (kopiranje po šablioni).

Svi elementi hidrauličnih prigona uključeni su u kružni tok. Pumpa, obično tjerana elektromotorom, siše ulje iz spremišta ulja i tiska ga kroz cijevne vodove i organe upravljanja u hidraulični motor koji korisnu snagu predaje izvršnim organima. Ulje iz izvršnih organa otiče natrag u spremište ili direktno u pumpu. Time je zatvoren kružni tok.

Zupčane pumpe za hidraulične prigone alatnih strojeva izvode se kao jednoredne zupčane pumpe sa dva (sl. 11a) ili tri zup-

čanika (kad je srednji zupčanik pogonski) ili kao višeredne kad uporedno radi više zupčanih pumpi na jednoj pogonskoj osovini. Pritisak iznosi $15\ldots30 \text{ kp/cm}^2$. Volum dopreme zupčane pumpi sa dva jednaka zupčanika pri jednom okretaju pogonske osovine pumpe iznosi $V = 2,2 md\pi b = k_z$, gdje je b širina zupčanika, d diobeni promjer zupčanika, m modul ozubljenja i k_z kostantna zupčana pumpa. Količina dopremljenog ulja Q može se mijenjati samo promjenom broja okretaja pogonske osovine pumpe.

Vijčane pumpe izvode se s dva ili tri međusobno spregnuta vijčana vretena koji protusmjerno rotiraju istim brojem okretaja. Ulje se doprema u smjeru osi vijčanih vretena (sl. 11b). Doprema ulja potpuno je jednolična, što nije slučaj kod zupčanih,



Sl. 11. Pumpa hidrauličnog prigona. a) zupčana pumpa, b) vijčana pumpa, c) klipna pumpa (zvezdasti rotor), d) klipna pumpa (bubnjasti rotor), e) čelijska pumpa, f) agregat pumpa-motor

čelijskih i klipnih pumpi. Pritisak p iznosi $\sim 70 \text{ kp/cm}^2$. Volum dopreme vijčane pumpe iznosi:

$$V \approx h [\pi(R^2 - r^2) + 0,5(r - R)[R^2 - (R + r)^2/4]]^{1/2} = k_v,$$

gdje je R vanjski polumjer navoja vijčanog vretena, r unutarnji polumjer navoja, h uspon navoja i k_v konstanta vijčane pumpe. Količina dopremljenog ulja Q može se mijenjati samo mijenjanjem broja okretaja pogonske osovine pumpe.

Klipne pumpe sastoje se od zvezdastog rotora koji se okreće na izdanku čvrste osovine kroz koju prolaze dovodni i odvodni kanali za ulje. U rotoru se nalaze klipovi koje pomiču ekscentrično podesive vodilice. Ove vodilice rotiraju zajedno s rotorom pumpe. Svaki klip povezan je s vodilicama preko brvna i dva kotačića (sl. 11c). Promjenom ekscentriciteteta e rotirajućih vodilica prema rotoru mijenja se i veličina hoda svakog klipa, a time i volum dopreme V u jednom okretaju rotora, koji iznosi

$$V = 2 \cdot e \cdot z \cdot d^2 \cdot \pi / 4 = k_k \cdot e,$$

gdje je d promjer klipa, e ekscentricitet, z broj klipova i k_k konstanta klipne pumpe.

Volum dopreme klipnih pumpa s bubnjastim rotorom iznosi:

$$V = 0,5 \cdot z \cdot d^2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sin \alpha = k_k \cdot \sin \alpha,$$

gdje je r polumjer kružnog vijenca o kojemu se odupiru klipovi i α kut zakretanja bubnja prema kružnom vijencu (sl. 11d). U prvoj polovini jednog okretaja rotora klipovi sišu ulje a u drugoj potiskuju usisano ulje. Pritisak p iznosi $\sim 80 \text{ kp/cm}^2$. Visokopritisnim klipnim pumpama postiže se radni pritisak i do 200 kp/cm^2 .

Čelijske pumpe sastoje se od cilindričnog rotora koji je ekscentrično položen u cilindrični provrt kućišta. U njemu se nalaze radikalno pokretljiva krila koja se prisilnim vođenjem narančaju na stjenku cilindričnog provrta kućišta (sl. 11e). Čeliju čini prostor omeđen uzastopnim krilima, oplošjem rotora, zidom cilindričnog provrta kućišta i čeonim zidovima poklopca kućišta. Mijenjanjem ekscentriciteteta rotora naprama cilindričnom provrtu kućišta pumpe mijenja se i veličina čelije, a time i volumen dopreme V , koji iznosi za jedan okretaj rotora

$$V = 2b \cdot e (\pi d - z s) = k_c \cdot e,$$

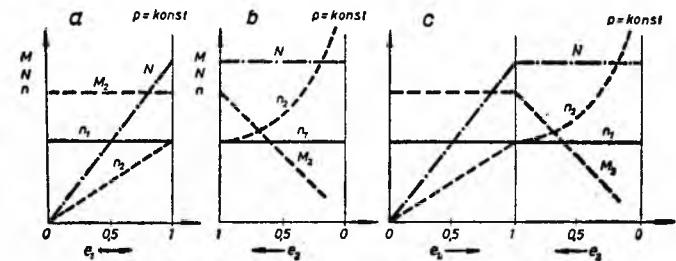
gdje je b dužina rotora, d promjer provrta kućišta, e ekscentricitet rotora, s debljina krila, z broj krila i k_c konstanta čelijske pumpe. Količina dopremljenog ulja Q može se mijenjati i mijenjanjem broja okretaja pogonske osovine pumpe i mijenjanjem ekscentriciteteta e .

Hidraulični rotacioni motori. Pumpe s promjenljivim volumom dopreme mogu raditi i kao motori (sl. 11f). Pumpe sa stalnim volumom dopreme nisu podesne kao motori.

Uz jednaku izvedbu pumpe i motora (apstrahirajući gubitak) količina je dopremljenog ulja pumpe Q_1 jednaka utrošenoj količini ulja motora Q_2 . Kako je

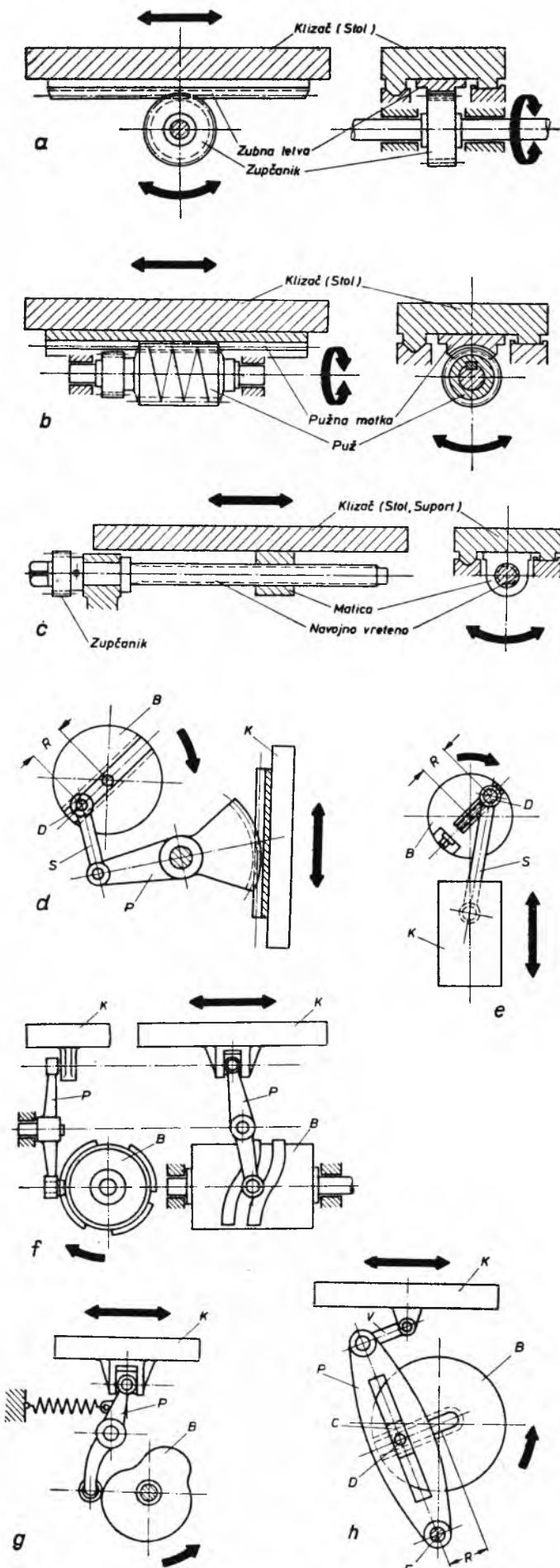
$$Q_1 = V_1 n_1 = k_{c1} n_1 e_1, \text{ a } Q_2 = V_2 n_2 = k_{c2} n_2 e_2,$$

to je (zbog $k_{c1} = k_{c2}$) odnos broja okretaja motora prema broju okretaja pumpe: $n_2/n_1 = e_1/e_2$. Za stalni ekscentricitet motora e_2 i stalni broj okretaja pumpe n_1 bit će broj okretaja motora $n_2 = e_1 n_1 / e_2 = e_1 \cdot \text{konst}$. Promjenom ekscentriciteteta e_1 pumpe mijenja se linearno i broj okretaja n_2 motora. Uz konstantni pritisak p snaga je $N = Q_1 \cdot p$ i linearno se mijenja s povećanjem ekscentriciteteta e_1 , dok je momenat M_2 staljan jer je N/n_2 stalno (sl. 12a).



Sl. 12. Dijagram zavisnosti momenata vrtnje M , snage N i broja okretaja n_2 od ekscentriciteteta e_1 i e_2

Za stalno e_1 i stalno n_1 bit će i dopremljena količina ulja Q_1 stalna. Motor mora gutati dopremljenu količinu ulja Q_1 . Broj je okretaja motora $n_2 = \text{konst}/e_2$ jer se samo ekscentricitet e_2 može mijenjati. Smanjivanjem ekscentriciteteta e_2 hiperbolički raste broj okretaja n_2 , uz stalnu snagu $N = Q_1 \cdot p$. Momenat M_2 pada (sl. 12b). Veće područje regulacije broja okretaja B postiže se promjenom ekscentriciteteta e_1 pumpe i e_2 motora (sl. 12c). Teorijski područje regulacije B teži u beskonačnost kad se ekscentricitet motora e_2 približava nuli. Tako dobiveni visoki brojevi okretaja n_2 , a ni niski brojevi okretaja dobiveni smanjenjem ekscentriciteteta pumpe e_1 , ne mogu se ipak praktički upotrijebiti, jer se količina dopremljenog ulja Q_1 toliko smanji da snaga N znatno opadne. Praktički područje broja okretaja iznosi od 10 do 16.



Moguća je istovremena promjena ekscentriciteta e_1 pumpe i e_2 motora. Tada snaga N u cijelom području broja okretaja n_2 raste, dok moment M_2 pada. Klizanje motora uslijed gubitka u zazorima raste s pritiskom p . Ukupni stepen iskorištenja iznosi $\sim 0,7$.

Hidraulični klipni motori služe za pravocrtna kretanja na alatnim strojevima. Grade se prema principijelnoj shemi koju prikazuje sl. 13. Razvodnik se nakon dolaska klipa u krajni položaj prekopčava ručno ili automatski. Brzina ulja u pritisnim cijevima iznosi najviše 3 m/h za pritiske do 25 kp/cm², odnosno najviše 4 m/s za pritiske do 50 kp/cm².

U odvodnim cijevima iznosi brzina ulja najviše 2 m/s, a u usisnim cijevima najviše 1,5 m/s.

Mehanički prigoni za pravocrtna kretanja. *Zupčani prigon* sastoji se od pogonskoga zupčanika i zagonske zubne motke (sl. 14 a). Za prenos većih sila upotrebljava se koso ozubljjenje. Brzina radnog kretanja nezavisna od brzine povratnog kretanja upotrebljava se obično na portalnim blanjalicama.

Pužni prigon sastoji se od pogonskoga puža i zagonske pužne motke (sl. 14 b). Brzina radnog kretanja nezavisna je od brzine povratnog kretanja. Upotrebljava se obično na portalnim glodalicama.

Vijčani prigon sastoji se od pogonskoga navojnog vretena i zagonske matice (sl. 14 c). Brzina radnog kretanja nezavisna je od brzine povratnog kretanja. Upotrebljava se na suportima alatnih strojeva.

Jednostavni koljenasti prigon se sastoji od rotirajuće ploče B na kojoj se rukavac D može na određenom poljumu R učvrstiti, ojnice S i klizača K (sl. 14 e). Maksimalna radna brzina kretanja približno je jednaka maksimalnoj povratnoj brzini. Vrijeme radnog hoda jednako je vremenu povratnog hoda. Zbog tih svojstava nije jednostavni koljenasti prigon ekonomičan i upotrebljava se samo na pristrojima za dubenje na univerzalnim i alatnim glodalicama.

Koljenasti prigon sa dvokrakom polugom sastoji se od rotirajuće ploče B na kojoj se rukavac D može na određenom poljumu R učvrstiti, ojnice S , dvokrake poluge P i klizača K (sl. 14 d). Taj prigon ima ista kinetička svojstva kao i jednostavni koljenasti prigon. Upotrebljava se na dubilici za ozubljivanje.

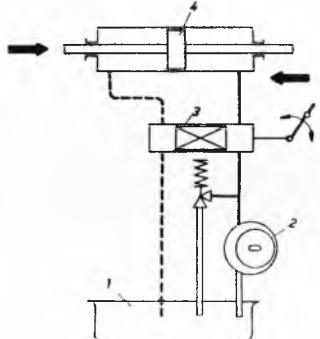
Prigon s krivuljastom pločom (sl. 14 g) upotrebljava se također na automatima. Povratni hod osigurava opruga.

Kulisni prigon sastoji se od rotirajuće ploče B na kojoj se rukavac D može na određenom poljumu R učvrstiti. Na rukavcu D klizni kamen C klizi u prorez kulise P koja oscilira oko zglobova E . Drugi kraj kulise vezan je vezom V za klizač K (sl. 14 h). Brzina radnog kretanja je manja od brzine povratnog kretanja. Upotrebljava se na kratkohodnim blanjalicama.

BLANJALICE

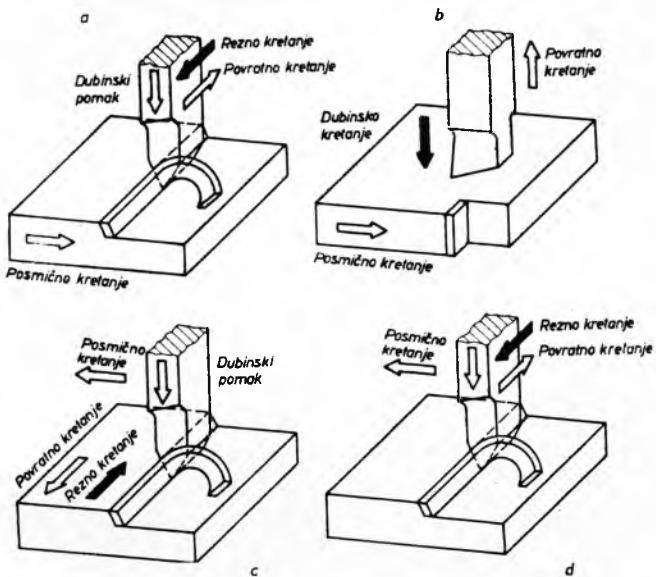
Blanjalice su strojevi kojima nož ima pravocrtno relativno kretanje prema izratku. Prema načinu relativnog kretanja noža dijele se blanjalice u kratkohodne, dugohodne i specijalne blanjalice. Nož kratkohodnih blanjalica kreće se pravocrtno prema izratku koji vrši posmično kretanje okomito na rezno kretanje. Na tom principu rade horizontalne kratkohodne blanjalice čiji se nož kreće horizontalno (sl. 15 a) i dubilice čiji se nož kreće vertikalno

Sl. 14. Mehanički prigon za pravocrtna kretanja. a zupčani prigon, b pužni prigon, c vijčani prigon, d koljenasti prigon sa dvokrakom polugom, e jednostavni koljenasti prigon, f prigon s krivuljastom pločom, g prigon s krivuljama (kulise), h kulisni prigon



Sl. 13. Hidraulični klipni motor. 1 posuda za ulje, 2 pumpa, 3 razvodnik, 4 klip motora

kalno (sl. 15 b). Na dugohodnim blanjalicama kreće se izradak pravocrtno prema nožu koji vrši posmično kretanje okomito na repno kretanje (sl. 15 c). Tako rade jednostupne (konzolne) i dvo-stupne (portalne) blanjalice. Nož specijalnih blanjalica kreće se

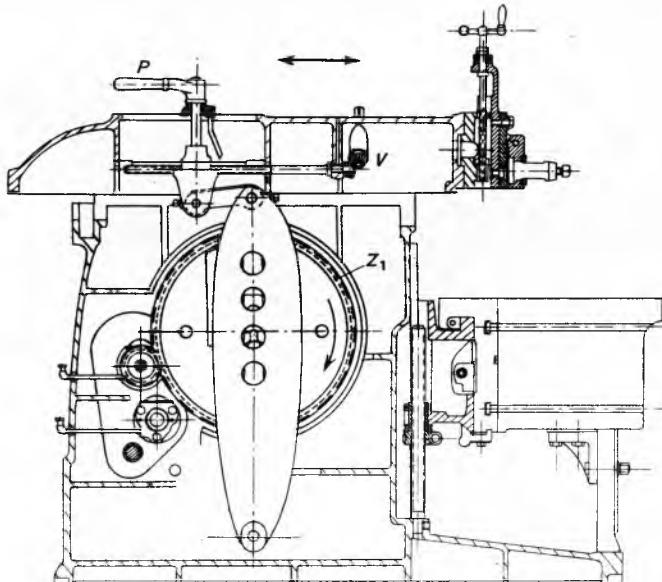


Sl. 15. Prikaz kretanja reznog alata i izratka na blanjalicama. Pri bljanju: a na kratkohodnim blanjalicama, b na vertikalnim dubilicama, c na dugohodnim blanjalicama, d na specijalnim blanjalicama

pravocrtno prema izratku koji miruje i vrši osim toga posmično kretanje okomito na rezno kretanje (sl. 15 d). Na tom principu rade prenosive blanjalice i blanjalice za obradu kotlovskeih limova i vrlo velikih izradaka. U specijalne blanjalice ubrajuju se također horizontalne i vertikalne provlačilice i izvlačilice, u kojima igla za provlačenje ili izvlačenje vrši rezno kretanje.

Blanjalice služe uglavnom za ove radove: za obradivanje horizontalnih, vertikalnih ili kosih ravnih ploha; za izradu utora i proreza raznih profila; za obradu različitih zakrivljenih ploha (s pomoću dodatnih naprava ili kopirnih uredaja); specijalne blanjalice služe za izradu pečata (patrica), kalupa (matrica), prosjekača (štanca), zupčanika i Zubnih motki.

Mehaničke kratkohodne blanjalice (v. prilog). Na glavnom tijelu blanjalice klizi u vodilicama klizač koji na svojem čelu nosi

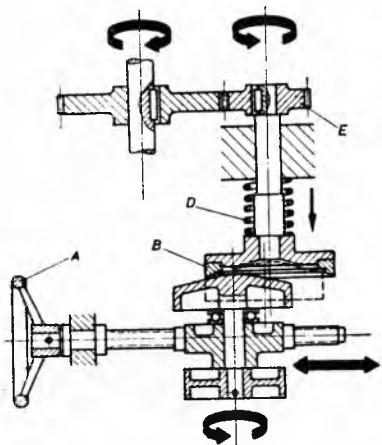


Sl. 16. Kulisni mehanizam kratkohodne blanjalice

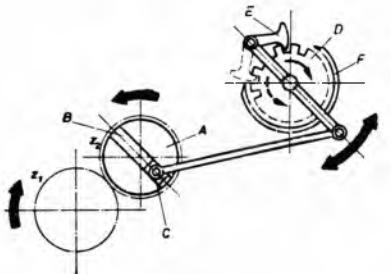
za 360° okretljivi suport sa držaćem reznoga noža. S pomoću tog suporta podešava se dubinski pomak reznog alata. Klizač je preko navojnog vretena i spona vezan na kulisni mehanizam (sl. 14 h i

sl. 16), koji je gonjen velikim zupčanicom Z_2 . Taj zupčanik vezan je za višestepeni zupčani prigon (sa 9 ili 12 stepena) u koji je ugrađena pogonska lamelna spojka i lamelna ili konična kočnica. Prigon je vezan za pogonski elektromotor klinastim ili plosnim remenima. Male kratkohodne blanjalice imaju katkada i bestepeni mjeđuča brzina (sl. 17). Okretanjem ručnog kola A mijenja se radijus zahvata na tarnom kolu B čime se mijenja brzina. Aksijalni pritisak daju pritisna opругa D i zupčanik E s košim ozubljenjem. Posmično kretanje, izvedeno iz osovine zupčanika Z_1 , izvodi izradak, tj. pričvršni stol, obično prizmatičnog oblika, na čijim se stranicama nalaze T-utori za prihvati steznih uredaja, škrpicu i samih izradaka. Posebnim podupiranjem čone strane stola ostvaruje se potrebna krutost. Stol, koji je obično okretljiv za 360° , horizontalno je voden na jakim vodilicama brvna. To se brvno može visinski podešiti i pričvrstiti na vertikalnim vodilicama na tijelu stroja. Između izdanka posmičnog navojnog vretena brvna i izdanka osovine zupčanika ugrađen je mehanizam pogona posmaka (sl. 18). Disk A sa radijalnim utorom B dobiva pogon od zupčanika Z_1 i Z_2 tako da je broj okretaja diska jednak broju dvostrukih hodova klizača. Zupčanik D je učvršćen na navojnom vretenu, koje preko matice pomiče radni stol. Veličina posmaka mijenja se pomicanjem kamena C u utoru B , pri čemu zadrška E zahvaća veći ili manji broj zubi i time zaokreće navojno vreteno za veći ili manji kut. Veličina posmaka može se također mijenjati pomicanjem otvora na oklopnu F u smjeru posmičnog gibanja zupčanika D . Tada zadrška E klizi po oklopu i zahvaća manji broj zubi. Promjena smjera posmaka vrši se prebacivanjem zadrške E na drugu stranu (crtkani položaj).

Moderni mehanizmi pogona posmaka mogu mijenjati veličinu posmaka za vrijeme rada blanjalice i ujedno mogu za vrijeme rada brzo premjestiti položaj stola na vodilice brvna. Veličina hoda klizača može se mijenjati osovinom koja prolazi kroz osovinu zupčanika Z_1 (sl. 16) i koja prenješta kamen u žlijebu toga zupčanika. Udešena veličina hoda očitava se na posebnoj pokaznoj ploči. U klizaču je ugrađen uređaj za njegovo uzdužno pomicanje prema kulisu. Otpuštanjem polužne matice P i okretanjem navojnog vretena V premješta se klizač i time se područje hoda reznog noža mijenja u odnosu na pričvršni stol. Kratkohodne blanjalice snabdjevene su i uređajima za podizanje reznog noža za vrijeme povratnog hoda (obično s pomoću trenja), a isto tako može okretljivi suport noža na klizaču dobiti automatski posmak izведен iz gibanja klizača udesivim grebenom koji se učvršćuje na vodilicama tijela stroja. Tarni mehanizam uređaja dozvoljava podešavanje veličine posmaka suporta. Kratkohodne blanjalice imaju i uređaje za hidraulično kopiranje u dva smjera. Za vrijeme posmičnog kretanja stola u horizontalnom smjeru stol se giba preko brvna po vodilicama tijela i u vertikalnom smjeru s pomoću hidrauličnog cilindra u čijem se klipu završava vertikalno navojno vreteno brvna. Hidraulično ticalo pričvršćeno je na lijevoj strani tijela stroja u ravnini brvna.



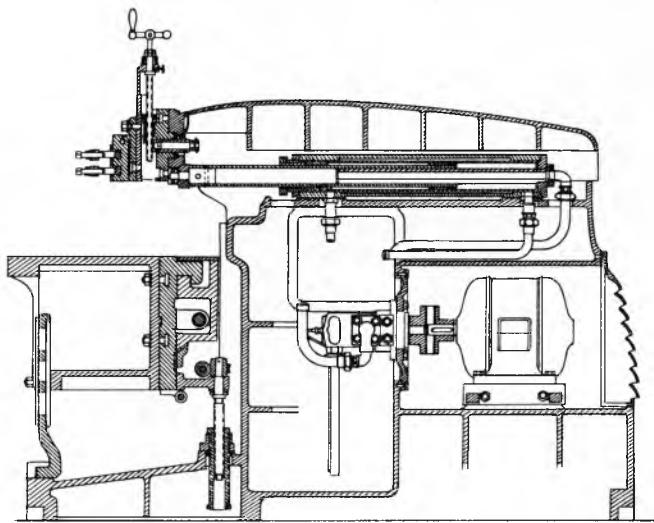
Sl. 17. Kontinuirani mjeđuča brzina (varijator)



Sl. 18. Shema mehaničkog pogona posmaka na kratkohodnim blanjalicama

Prednosti mehaničkih kratkohodnih blanjalica jesu tačno održavanje podešene veličine hoda klizača i jednostavnost svih mehanizama. Nedostatak im je promjena rezne brzine za vrijeme hoda klizača. Optimalna rezna brzina postiže se samo u srednjem dijelu hoda. Maksimalni hod klizača mehaničkih kratkohodnih blanjalica iznosi 700 mm, a raspoložu obično sa 9...12 brzina hoda klizača koje se kreću od 9 do 140 dvostrukih hodova na minutu. Posmak stola iznosi od 0,1 do 2,5 mm za jedan dvostruki hod. Pogonska snaga iznosi do 8 kW.

Hidraulične kratkohodne blanjalice. Prednost je hidrauličnih kratkohodnih blanjalica pred mehaničkim što imaju za vrijeme hoda klizača konstantnu brzinu rezanja koja se mo-



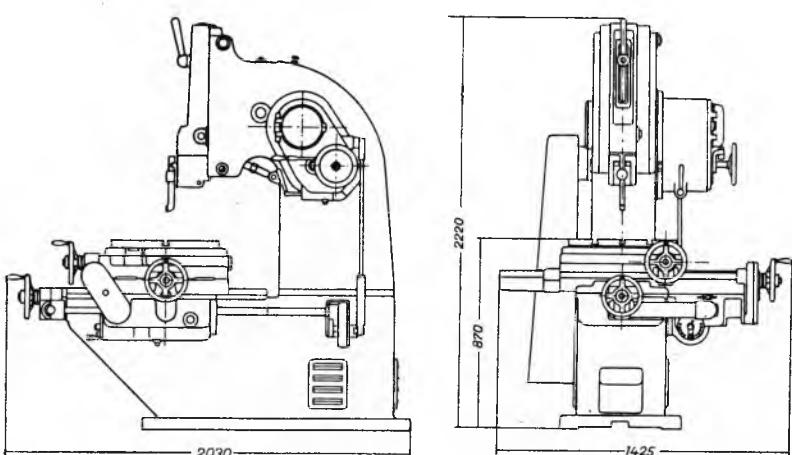
Sl. 19. Hidraulični prigon kratkohodne blanjalice

že bestepeno regulirati. Brzina rezanja se ne mijenja kad se mijenja veličina hoda klizača. Za vrijeme rada može se premještati položaj područja rada reznoga noža. Hidraulični prigon (sl. 19) dozvoljava upotrebu znatnih sila rezanja. Nedostatak hidrauličnog pogona je netačno ograničenje veličine hoda klizača. Pritisna strana cilindra je dvodijelna. Tako pri gruboj obradi velikom silom rezanja ne mora rezna brzina preći 15 m/min a da pri tome povratna brzina klizača bude najveća moguća. Uključujući pritisnu stranu cilindra manje promjera postiže se pri finoj obradi veće brzine rezanja uz manju reznu силu, bez promjene povratne brzine klizača. Maksimalni hod klizača hidrauličnih kratkohodnih blanjalica iznosi ~ 1000 mm. Rezna brzina pri

Vertikalne dubilice. Dubilice su kratkohodne blanjalice s vertikalnim klizačima. One služe za obradu ravnih i cilindričnih ploha, za obradu raznih utora i žlebova na vanjskim i unutar-jim plohama izradaka. Osnovne karakteristike dubilica jednake su osnovnim karakteristikama kratkohodnih blanjalica (sl. 20). Rezni alat izvodi glavno kretanje (v. sl. 15 b) a izradak posmično kretanje i dubinski pomak. Područje rada klizača može se mijenjati prema pričvršnoum stolu. Veličina hoda klizača se može podešavati. Klizač može biti opremljen uređajem za podizanje noža u povratnom hodu. Postoje dubilice kod kojih se može klizač zaokretati, što omogućuje obradu raznih kosih ploha i utora. Glavni pogon dubilica može biti mehanički ili hidraulični. Hod klizača malih mehaničkih dubilica postiže se jednostavnim koljenastim mehanizmom (v. sl. 14 e), veće dubilice snabdjevene su kulisnim mehanizmom (v. sl. 14 h). Na pogonski mehanizam nadovezuje se višestepeni zupčani prigon u kojem je ugradena lamelna spojka i lamelna ili konična ili pojasma kočnica. Posmično kretanje vezano je na glavnu osovinu koljenastog ili kulisnog mehanizma i prenosi se polužnim mehanizmom (sl. 21) na radni stol. Buban *A* okreće se brojem okretaja jednakim broju radnih hodova klizača. Na obodu bubnja urezan je žlijeb po kojem klizi kamen *B*. Gibanje kamena pri nailasku na zadržku na zadržku i zupčanik. Veličina posmaka mijenja se pomicanjem kamena *C* u prorezu kulise. Radni stol je okrepljiv za 360° i može se ručno ili mehanički premještati uzdužno i poprečno. Premještanja se mogu izvršiti i brzim hodom. Okretljivi radni stol snabdjeven je diobenim uređajem. Za velike dubilice (hod klizača do 1000 mm) upotrebljavaju se i elektromotorski prigoni u Leonardovu spoju. Pogonski elektromotor je preko zupčanog prigona i zubne motke direktno vezan za klizač; uslijed toga otpada dosta komplikirani prenosni mehanizam. Prekretanje smjera hoda klizača vrši se električki podesivim graničnicima. Brzina rezanja može se bestepeno podešavati nezavisno od povratne brzine. Sklopka za podešavanje koja prekopčava dubilicu na minimalnu brzinu hoda klizača omogućava sigurno i bezopasno podešavanje stroja.

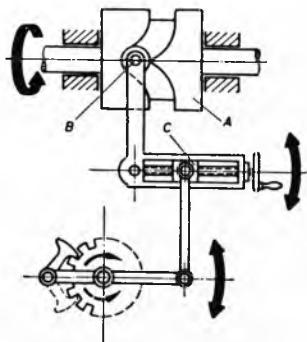
Hidrauličnim prigonom dubilice postiže se: znatne rezne sile, bestepena regulacija brzine rezanja i njena konstantnost za vrijeme hoda klizača, veliko područje međusobno nezavisnih reznih i povratnih brzina i vrlo kratko vrijeme potrebno za mijenjanje smjera kretanja. Osim toga se hidrauličnim prigonom postiže velika tačnost i finoća obradene površine, dugo trajanje rezne oštice alata, jednostavnost u posluživanju i sigurnost u pogonu i radu.

Hidraulični prigon dubilice prikazan je shematski na sl. 22. Taj se prigon sastoji od radnog cilindra *1*, stupnjice sa klipom *2*, klizača *3*, graničnika za rezni hod *4*, graničnika za povratni hod *5*, nosioca reznog noža *6*, glavnog voda za rezni hod *7*, glavnog voda za povratni hod *8*, ventila za zadržavanje *9*, glavnog pogonskog elektromotora *10* i hidrauličnog agregata *11*. Sam se hidraulični agregat sastoji od glavne pumpe *a* koja se uvijek okreće u istom smjeru i istom brzinom; klipa *b* kojim se podešava ekscentricitet glavne pumpe; razvodnika glavnog dotoka ulja *c*; upravljačke pumpe s konstantnom dopremom *d*; sigurnosnog ventila za upravljačku pumpu *e*; upravljačkog zasuna za tlačno ulje upravljačke pumpe *f*; specijalnog motora koji prima impulse od graničnika *4* i *5*; ventila za glavni vod ulja *h*; ručnog kola *i* za međusobno nezavisno podešavanje brzine klizača u reznom i povratnom hodu; uklopne



Sl. 20. Vertikalna dubilica s mehaničkim prigonom

gruboj obradi iznosi 4...20 m/min, pri finoj obradi 16...40 m/min. Posmak stola iznosi 0,2...6,3 mm/hod. Pogonska maksimalna snaga najvećih blanjalica iznosi ~ 15 kW.



Sl. 21. Shema mehaničkog pogona posmaka na dubilici

pumpe *j* s konstantnom dopremom za posmično kretanje stola; sigurnosnog ventila *k* za uklopnu pumpu, upravljačkog zasuna *l* za pritisno ulje uklopne pumpe; specijalnog elektromotora za posmično kretanje *m*, uklopnog cilindra *n* za posmično kretanje stola.

Prikazani hidraulični prigon nalazi se u stanju mirovanja: rotor glavne pumpe *a* koncentričan je s kućištem i pumpa ne doprema nikakvo ulje iako se rotor stalno okreće; upravljački zasun *f* nalazi se u neutralnom položaju. Stavljanje u pogon vrši se ukopčavanjem specijalnog motora *g* koji potisne zasun *f* prema dolje, uslijed čega se klip *b* pomakne u smjeru *A* (radni hod). Kućište glavne pumpe *a* se spusti. Zbog nastalog ekscentriteta pumpa tiska ulje u glavni vod za rezni hod, a crpe ulje iz glavnog voda za povratni hod, jer se je istovremeno pokretom klipa *b* pokrenuo i razvodnik za dotok ulja *c* u smjeru *A*. Višak ulja otječe u spremište ulja. Klizač prelazi u rezno kretanje u smjeru *A*. Brzina kretanja, tj. rezna brzina, zavisi od ekscentriteta glavne pumpe *a* koja se podešava lijevim ručnim kolom *i*.

Nakon završenog reznog hoda klizača graničnik *5* uklapa graničnu sklopku i tako pokrene specijalni motor *g* u protivnom smjeru.

Upravljački zasun *f* podigne se u najviši položaj, u kojem ga specijalni motor *g* stalno drži nasuprot djelovanju navojnog pera oko vretena zasuna *f*. Pritisno ulje upravljačke pumpe potisne klip *b* u krajnji desni položaj (smjer *R*) određen desnim ručnim kolom *i*. Kućište glavne pumpe *a* se podigne i rotor pumpe, koji se i dalje okreće u istom smjeru, tiska ulje u glavni vod za povratni hod jer je istovremeno i razvodnik za dotok ulja *c* prebačen u svoj desni krajnji položaj (smjer *R*). Klizač se sada kreće u smjeru *R* (povratni hod) brzinom koja je određena desnim

nji položaj, klip *b* zauzme također srednji položaj i ekscentricitet glavne pumpe *a* nestane. Rotor glavne pumpe se dalje okreće ali ne potiskuje ulje. Razvodnik glavnog dotoka ulja *c* dođe u srednji položaj i stroj se zaustavi.

Istim hidrauličnim pogonom postiže se posmično kretanje stola dubilice. Ukllopna pumpa *j* stalno potiskuje preko upravljačkog zasuna *l* ulje u uklopni cilindr *n*, u kojem se nalazi dugi slobodni klip koji je na plaštu ozubljen. U ozubljenje zahvata zupčanik na koji se nadovezuje posmično vreteno. Upravljački zasun *l* vezan je preko zubne motke i zupčanika na specijalni elektromotor *m* koji se ukopčava graničnim sklopkama pričvršćenim na glavno tijelo dubilice. Graničnici *4* i *5* uključuju odnosno isključuju granične sklopke te tako specijalni motor za vrijeme reznog ili povratnog hoda podržava upravljački zasun *l* u gornjem ili donjem položaju, uslijed čega se i klip u uklopnom cilindr *n* nalazi u jednom od krajnjih položaja. Za vrijeme potreta tog klipa dolazi do posmičnog kretanja stola.

Najveći hod klizača dubilica sa hidrauličnim pogonom iznosi 1700 mm. Maksimalna vlačna sila iznosi ~ 7500 kp, a pri tome je potrebna maksimalna snaga od ~ 30 kW pri reznoj brzini od 15 m/min. Rezna brzina je bestepeno podesiva od 6 do 30 m/min, a povratna brzina od 6 do 45 m/min. Poprečni i uzdužni posmak stola iznosi od 0,1 do 4 mm/hod, a zaokretni posmak 1,4 do 100'/hod. Brzi hod stola u poprečnom i uzdužnom smjeru iznosi 1250 do 1800 mm/min, a zaokretni brzi hod 0,7 do 2 o/min, зависno od veličine okretljivog stola.

Dugohodne blanjalice (sl. 23 a) upotrebljavaju se za obradu dugih izradaka, koji su pričvršćeni na stol blanjalice i vrše glavno rezno kretanje. Posmično kretanje i dubinski pomak vrši rezni nož (v. sl. 15 c). Na dugoj krutoj postelji *1* klizi po snažnim vodicima prizmatičnog ili trokutastog presjeka radni stol *2* provoden uzdužnim T-utorima za prihvati steznih vijaka.

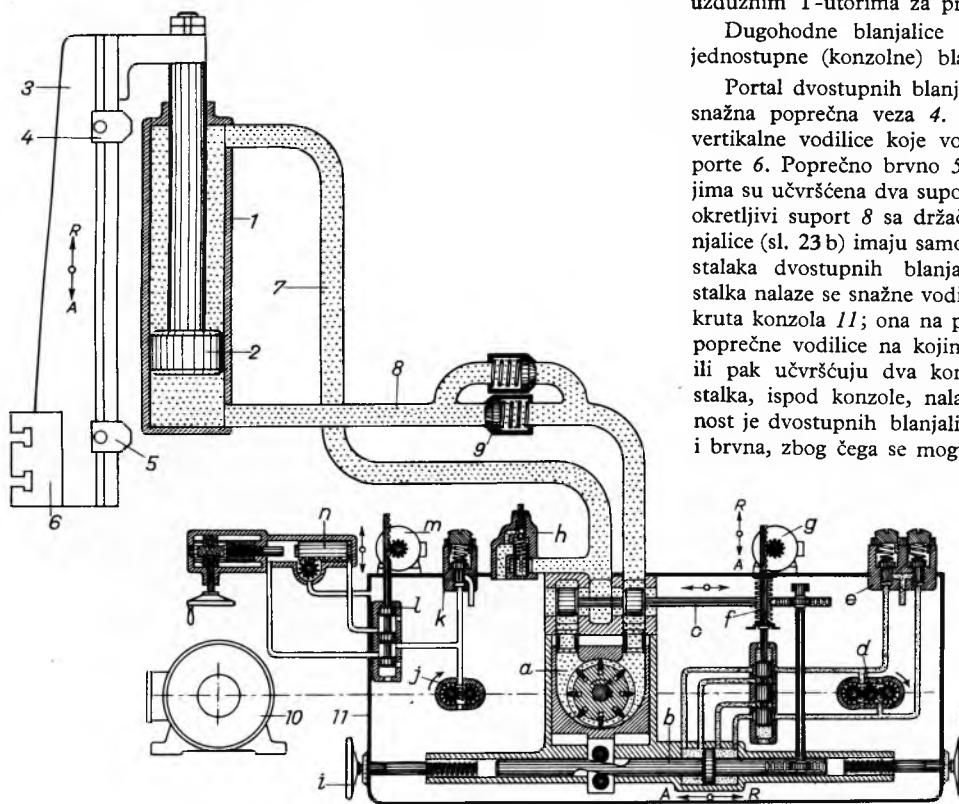
Dugohodne blanjalice dijele se na dvostupne (portalne) i jednostupne (konzolne) blanjalice.

Portal dvostupnih blanjalica (sl. 23 c) čine dva kruta stolaka *3* i snažna poprečna veza *4*. Na prednjoj strani stalaka nalaze se vertikalne vodilice koje vode poprečno brvno *5* i postrane suporte *6*. Poprečno brvno *5* ima na čeonoj strani vodilice na kojima su učvršćena dva suporta *7*. Na suportima se nalazi po jedan okretljivi suport *8* sa držaćima reznog noža *9*. Jednostupne blanjalice (sl. 23 b) imaju samo jedan stalak *10*, znatno veći i krući od stalaka dvostupnih blanjalica. Na čeonoj i unutarnjoj strani stolaka nalaze se snažne vodilice po kojima se premješta i učvršćuje kruta konzola *11*; ona na prednjoj čeonoj strani ima horizontalne poprečne vodilice na kojima se posmično ili brzim hodom kreću ili pak učvršćuju dva konzolna suporta *7*. Na prednjoj strani stolaka, ispod konzole, nalazi se jedan postrani suport *6*. Prednost je dvostupnih blanjalica pred jednostupnim krutost portala i brvna, zbog čega se mogu primijeniti znatne rezne sile uz veće

rezne brzine i tako postići veći učin u količini strugotine. Uslijed kruštosti portala dobiva se i finija obrađena površina izratka. Nedostatak je dvostupnih blanjalica ograničeni prolaz kroz portal blanjalice.

Dugohodne blanjalice mogu imati pogon istosmjernim elektromotorom i Ward-Leonardovim pretvaračem, zupčanim pogonom i dvostranom elektromagnetskom spojkom i hidrauličnim pogonom (kao na sl. 22). Relativni gubitak kinetičke energije pri promjeni smjera stola za pojedine načine pogona prikazan je dijagramom na sl. 24.

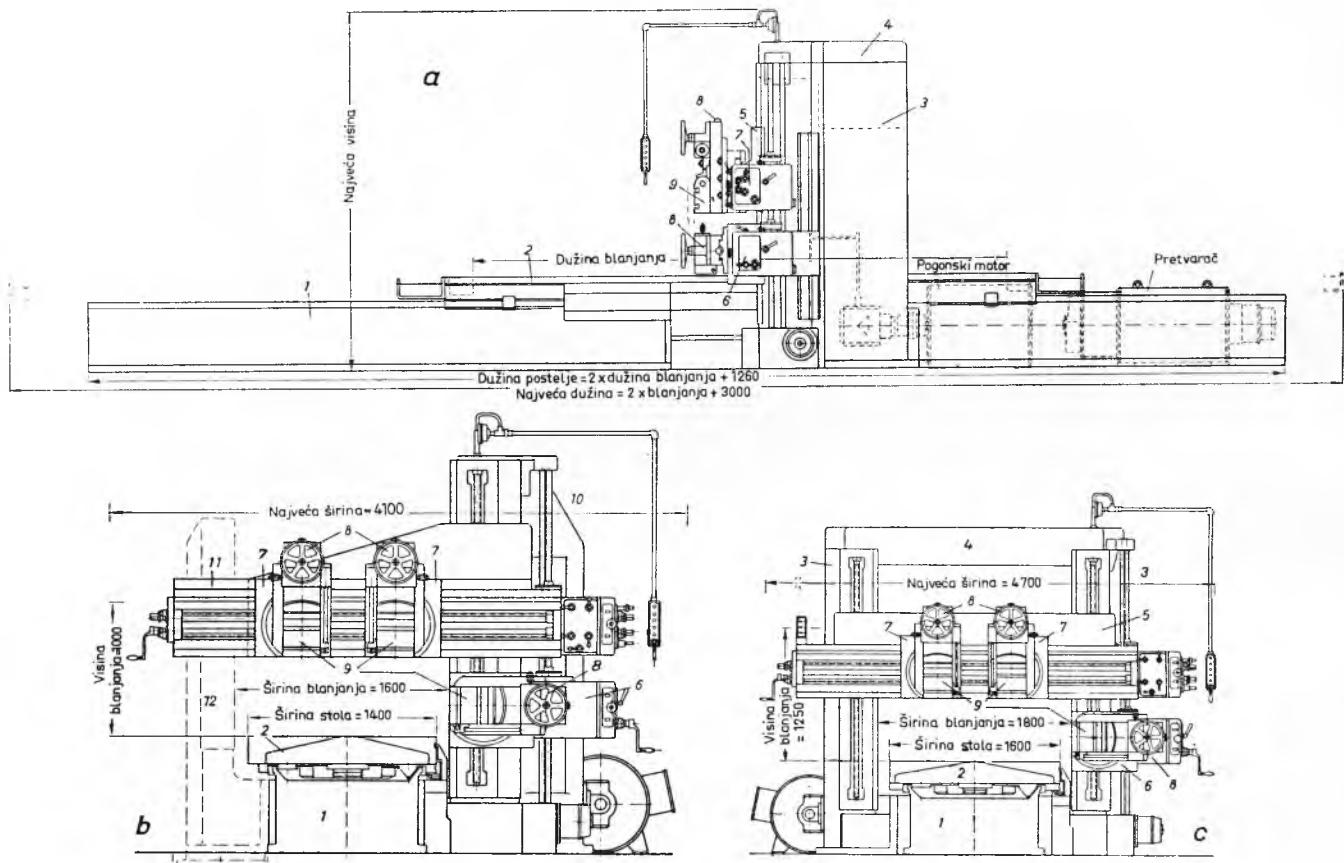
Dugohodne blanjalice su kapitalni strojevi i prema potrebi se opremaju i brusnim, bušnim i glodačkim vretenima. Pojedini vertikalni suporti na brvnu opremaju se i mehaničkim, električnim ili hidrauličnim kopirnim uredajima, koji dozvoljavaju prečno kopiranje profila u dvije koordinate, pri čemu se šablon za kopiranje učvršćuje u posebnim vodicama poprečnog brvna.



Sl. 22. Shema hidrauličnog prigona dubilice

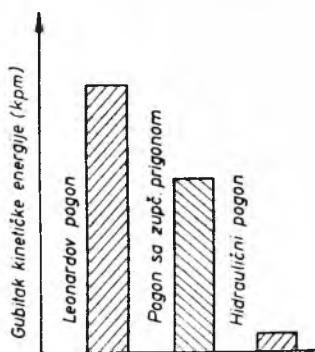
ručnim kolom *i*. Potrebeni višak ulja pumpa *a* crpe iz spremišta ulja. Kad u povratnom hodu graničnik *4* uključi graničnu sklopku, pokrene se specijalni motor *g* u protivnom smjeru, uslijed čega se upravljački zasun spusti u krajnji donji položaj i tako opet počne rezni hod dubilice.

Rad dubilice se zaustavlja iskopčavanjem specijalnog motora *g*. Navojno pero upravljačkog zasuna *f* pokrene sam zasun *f* u sred-



Sl. 23. Dugohodne blanjalice. a pogled sa strane, b jednostupna (konzolna) blanjalica, c dvostupna (portalna) blanjalica

Tačnost hidrauličnog kopiranja iznosi $\sim \pm 0,02$ mm u odnosu na šablonu. Specijalna oprema u velikom obimu proširuje tehnološke mogućnosti obrade.



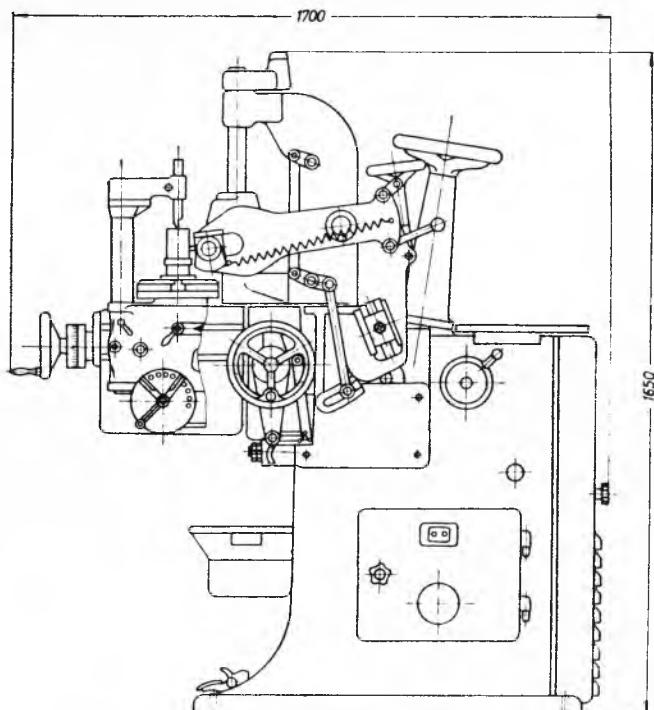
Sl. 24. Uspoređni prikaz gubitaka energije pri prekrtevanju smjera hoda stola na blanjalicama iste veličine

800 do 2000 mm/min. Pogonska snaga motora ovisi o uslovima obrade na blanjalici.

Blanjalice za patrice (sl. 25) obraduju reznim nožem složene oblike različitih patrica. Obrada bljanjem mnogo je jeftinija od obrade glodanjem. Rezni nož izvodi rezno kretanje u vertikalnom smjeru a izradak vrši posmično kretanje (uzdužno, poprečno i rotaciono, v. sl. 15b). Karakteristično je kretanje noža koji iza svakog reznog hoda prelazi iz vertikalnog smjera u kosi ili horizontalni smjer (sl. 26), a u povratnom hodu iz kosog ili horizontalnog prelazi u vertikalni smjer. Na takav način jednostavni uski rezni nož obraduje komplikirani oblik plasta patrice zajedno s potrebnim zaokruženim prelazom stabla patrice u njenu osnovu.

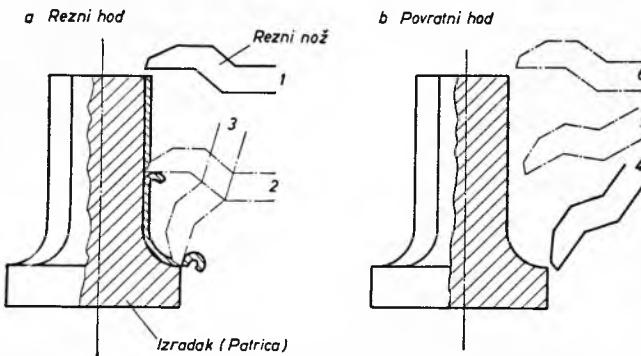
Opisani hod reznog noža omogućuje posebni polužni mehanizam. Na pogonski elektromotor nadovezuje se preko klinastih

remena trostepeni zupčani prigon koji pokreće prigon sa krivuljama u bubnju (kao na sl. 14 f). Bubanj ima dvoje krivulje na svom platu. Iz prve krivulje izvodi se preko posebnog polužja vertikalni hod reznog noža a iz druge krivulje zaokretni hod. S posebne krivulje maloga valjka izvodi se posmično kretanje radnog stola. Na radnom stolu se nalazi diobena glava sa brvnom i protu-



Sl. 25. Blanjalica za patrice

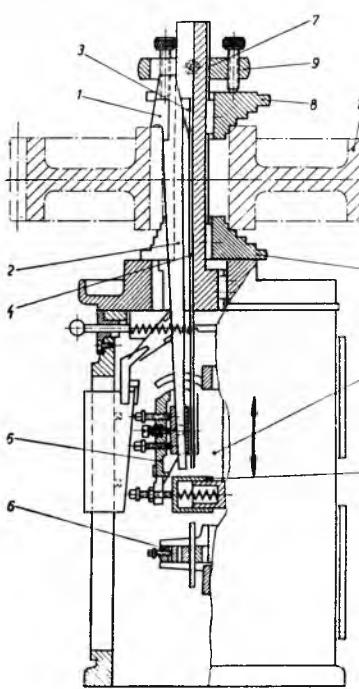
držaćem. Vertikalni hod noža je podesiv od 40 do 110 mm. Najveća duljina blanjanja iznosi 100 mm, širina blanjanja do 200 mm, najtanja strugotina 0,01 mm, paralelnost obradjenih površina



Sl. 26. Položaji reznog noža u reznom i povratnom hodu pri blanjanju patrica

0,01 mm, hodovi klizača od 36 do 65 hod/min, snaga pogonskog motora 1 kW.

Blanjalice za utor. U maloj serijskoj i pojedinačnoj proizvodnji blanjalice za utor (sl. 27) služe za izradu prizmatičnih utora u cilindričnim ili koničnim provrtima. Rezni i posmično kretanje izvodi rezni nož (v. sl. 15 d). Pri svakom radnom hodu rezni nož 1 skida u provrtu strugotinu koja po širini odgovara širini utora a po debljinu posmaku reznog noža. Rezni nož pričvršćen je na reznoj motki 2, koja je upeta u držać alata 5. Posmična motka 4 s posmičnim klinom 3 smještena je iza rezne motke 2 i vezana je za držać posmične motke 6. Obje motke vodene su u dubokom žlijebu cilindrične vodilice 7 na kojoj se nalaze dvije stepenaste piramide 8 za centriranje provrta i stezni prsten 9 s vijcima. Među stepenastim piramidama nalazi se izradak 10. Obje motke zajedno s klizačem 11, držaćem alata 5 i držaćem posmične motke 6 gibaju se za vrijeme rada gore-dolje. Navojno pero 12 preko okretljivog držaća alata pritisnuje stalno



Sl. 27. Blanjalice za utor

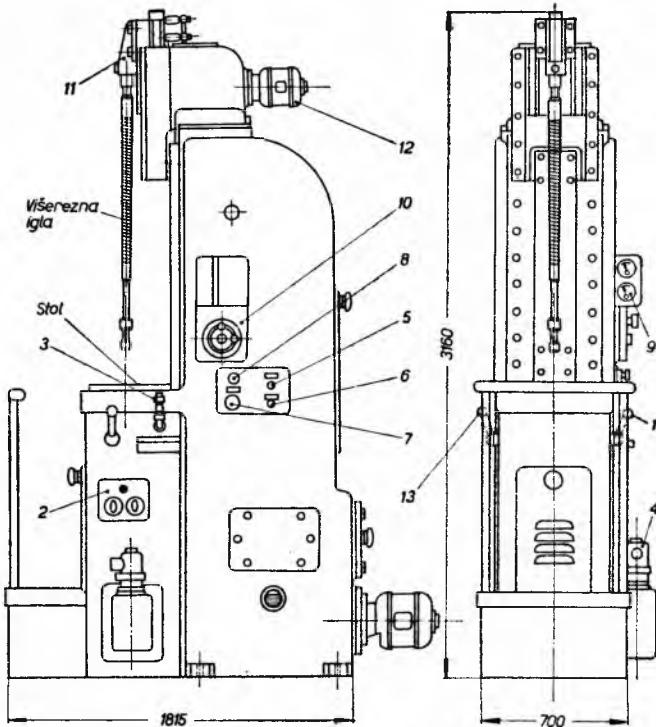
pomak kojim je određena debljina strugotine. Rezna oštrica dublje zalazi u utor. Ciklusi kretanja se ponavljaju sve dok nije postignuta zadana dubina utora.

Rezna brzina je bestepeno podesiva a posmični pomak je stepenasto podesiv u aritmetičkom nizu. Stroj se oprema i posebnim diobenim uredajima koji omogućuju da se u izracima izrađuju vi-

šeštruco utoreni provrti. Pogon je elektromotorom koji je klinastim remenima vezan za hidrauličnu pumpu. Vlačna sila je podesiva. Rezne brzine se mogu podesiti od 2 do 12 m/min, površina je konstantna i iznosi 15 m/min. Posmak varira od 0,007 do 0,18 mm/hod. Širina utora iznosi od 3 do 50 mm, duljina hoda se kreće od 100 do 400 mm a promjer provrta u izratku od 13 do 200 mm.

Provlačilice i izvlačilice. Provlačilice služe za obradu prizmatičnih rupa a izvlačilice obradjuju vanjske plohe izradaka.

Pri izradi rupa s pravocrtnim izvodnicama izradak miruje, dok pri obradi izradaka čije su izvodnice zavojite mora postojati mogućnost da za vrijeme provlačenja izradak rotira. Provlačilice i izvlačilice mogu biti horizontalne ili vertikalne, a pogon može biti mehanički, zubnom motkom i zupčanikom ili parom navojsnih vretena, ali je najčešće hidraulični. Vlačilice se služe specijalnim reznim alatima: provlačilice višereznim iglama, a izvlačilice višereznim motkama. Rezno kretanje vrši rezni alat. Posmak se nalazi u samom reznom alatu. Vlačilice izvode samo pravocrtno kretanje u reznom i povratnom hodu i vrlo su jednostavni strojevi. Vertikalna izvedba vlačilica zauzima manje mesta pri smještaju stroja i stoga se lako uključuje u linisku proizvodnju. Prednost je vlačilica veliki učin, tačnost obrade, vrlo kratko opremanje stroja za rad i kratka rasprema. Nedostatak se očituje u vrlo skupim višereznim iglama i motkama, koje pojedinačno omogućuju samo obradu jednog jedinog profila. Vlačilice su prikladne za masovnu proizvodnju.



Sl. 28. Hidraulična vertikalna provlačilica

Hidraulične vlačilice goni elektromotor preko čelijske ili klipne pumpe spojene s njime klinastim remenima ili elastičnom spojkom. Količinom dopremljenog ulja bestepeno se podešava rezna brzina. Pumpe rade s razmjerno niskim pritiskom, uslijed čega ne dolazi do jakog zagrijavanja ulja. Cilindar je pričvršćen na snažnom klizaču koji kod provlačilica nosi na donjem kraju držać i stegu za rezne igle a kod izvlačilica na čeonoj strani klizača pričvršnu plohu za rezne motke.

Provlačilica (sl. 28), na kojoj se nalazi komandna ručka 1, sklopka pumpe za hlađenje 2, priključak na cijevni vod hlađenja 3, pumpa za rashladno sredstvo (ulje) 4, manometar 5, izvod za pritisno ulje 6, regulator brzine 7, mjerilo brzine 8, manometar 9, podešavanje duljine hoda 10, gornji prihvati rezne igle 11, elektromotor gornjeg prihvata 12 i komandna ručka za povratni hod 13, radi na ovaj način:

Gornji prihvat drži višereznu iglu; na stol se pričvrsti izradak čiji provrt treba profilirati provlačenjem; započne se spuštanje gornjeg prihvata zajedno s višereznom iglom, koja prolazi svojim steznim stablom kroz provrt izratka; stega ispod stala prihvati iglu i automatski je zabravi; gornji prihvat otpusti iglu; hidraulični cilindar s pomoću stege provuče iglu kroz provrt; izradak se skine sa stola; započne se dizanje igle, koju zabravi gornji prihvat; stega otpusti iglu a gornji prihvat podigne iglu još više, kako bi se između igle i stola stvorio prostor za ulaganje novog izratka.

Rad izvlačilice je jednostavniji: izradak se pričvrsti na stol; započne se spuštanje motke u donji krajni položaj i vrši se izvlačenje vanjske plohe izratka; obrađeni izradak se skine sa stola; rezna motka se vrati u početni položaj.

Sila provlačenja horizontalnih mehaničkih provlačilica iznosi prema veličini stroja od 1000 do 50 000 kp. Ima stepenovane rezne brzine od 0,6 do 1,5 m/min i povratne brzine od 2,5 do 5 m/min. Horizontalne i vertikalne hidraulične vlačilice raspolažu bestepeno podesivim reznim brzinama od 1 do 12 m/min i povratnim brzinama od 10 do 30 m/min. Sila provlačenja im iznosi od 2000 do 35 000 kp.

BUŠILICE

Bušilice su alatni strojevi s pomoću kojih se rezanjem izrađuju i obrađuju navrti, uvrti i provrti (sl. 29) cilindričnog oblika u pojedinim izracima, unutarnji i vanjski navoji, žlebovi u uvrtima i provrtima i stožasti uvrti i provrti. Osim operacije bušenja vrše se na bušilicama i operacije izbušivanja, upuštanja i razvrtanja. Pri normalnoj obradi rezni alat vrši relativno prema izratku glavno kružno kretanje oko svoje osi, a u smjeru osi stalno posmično kretanje. Na običnim stolnim, stolno-stupnim, stupnim, radijalnim, prenosivim radijalnim i koordinatnim bušilicama izradak obično miruje, učvršćen na radnom stolu ili podnožju stroja. Na horizontalnim bušilicama-głodalicama glavno kružno kretanje vrši rezni alat, tj. glavno vreteno, dok posmično kretanje može vršiti rezni alat ili izradak, koji se učvršćuje na stol pomican u dva smjera. Pri dubokom bušenju na specijalnim strojevima rezni alat vrši posmično kretanje a izradak glavno kružno kretanje.

Pod *bušenjem* u užem smislu razumije se izrada okruglih rupa (navrta, uvrta, provrta) s pomoću reznog alata, tj. svrdla, koje ujedno potpuno određuje i promjer rupe u grubljoj toleranciji.

Pod *izbušivanjem* razumije se obrada već postojećeg navrta, uvrta i provrta s pomoću noža za izbušivanje ili bušne motke. U izvjesnoj mjeri je položaj rezne ivice noža podesiv prema osi provrta i prema tome podesiv je i promjer na koji će se obraditi rupa. Pri izbušivanju mogu se postići sve tolerancije, od grubih pa do finijih (v. tablicu 2).

Upuštanje obuhvaća dalje proširenje ili čeonu obradu glavine grupe rupe reznim alatom s više oštrica nepromjenljivog promjera. Obradena površina i postignute tolerancije su grube.

Pod *razvrtanjem* se razumije fina obrada uvrta ili provrta koji je postignut prethodnim bušenjem i tačnim izbušivanjem. Razvrtanjem se postiže na jednostavan i jeftin način vrlo fina obrada površina u uskim tolerancijama izmjere. Rezni alat je višerezni razvrtač s tačno definiranim promjerom razvrtavanja.

Stolne i stolno-stupne bušilice. Vretenište se ovih bušilica može visinsko premještati po okruglom stupu i u svakom položaju učvrstiti steznim vijkom. Pogonski motor s jednom do dvije brzine dodan je vreteništu i s njega se na glavno vreteno prenosi snaga plosnim ili klinastim remenom preko medusobno izmjenljivih višestepenih remenica. Broj brzina glavnog vretena jednak je dvostrukom broju stepena samih remenica. Ugradene pateznice omogućuju brzo ručno prebacivanje remena s jednog stepena na drugi kad treba promijeniti brzinu okretanja glavnog vretena. Manje stolne bušilice imaju i tarni pogon sa bestepeno udesivim brojem okretaja (varijator) manjeg područja regulacije. Vertikalni hod i posmak glavnog vretena, koje je uležišteno u

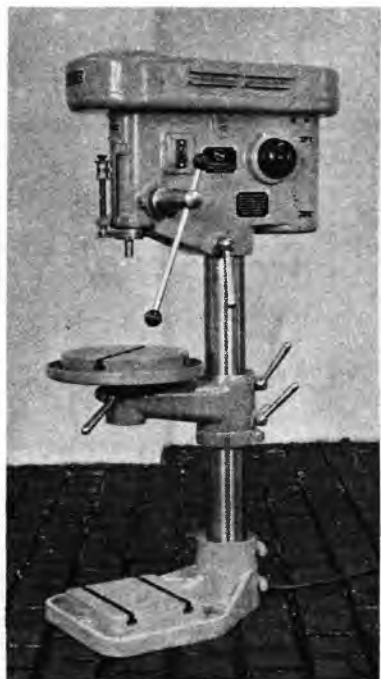
kuglične ležaje pinole, vrši se ručnom polugom, koja okreće zupčanik vezan za zubnu motku pinole. Glavno vreteno ima Morse-konus 2 za prihvat svrdla ili steznih glava.

Radni stol stolnih bušilica nalazi se direktno na podnožju bušilice i ima jedan T-utor ili više njih za prihvat izratka ili stezne naprave, dok stolno-stupne bušilice (sl. 30) imaju osim radnog stola podnožja još jedan radni okrugli stol sa T-utorima na stupu koji se visinski i zaokretno oko stupa može podesiti. Sam stol se može još i okretati na svojoj konzoli.

Učini bušenja se kreće od 2 do 16 mm promjera provrta u punom materijalu, dubina bušenja iznosi od 30 do 160 mm, broj brzina glavnog vretena do 6, od 1500 do 20 000 o/min kod bušilica učina bušenja od 2 mm, od 200 do 4000 o/min kod bušilica učina bušenja od 16 mm. Pogonska snaga se kreće od 0,2 do 0,8 kW. Posmak glavnog vretena je obično ručni.

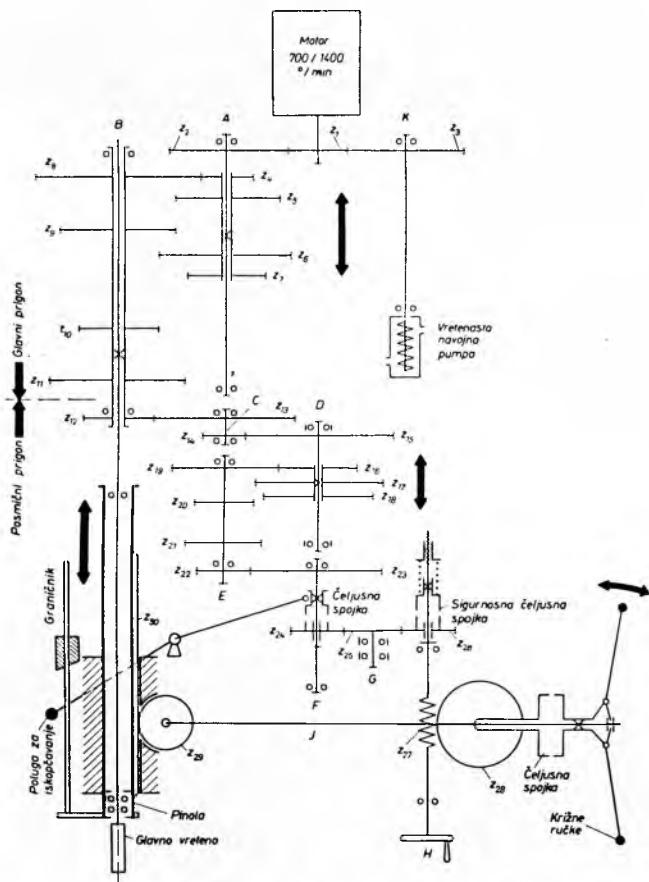
Stupne bušilice s okruglim stupom (v. prilog). Vretenište bušilice, u kojemu se nalazi višeosovinski stepenasti prigon sa zupčanicima s posmičnim prizonom i glavnim vretenom, učvršćeno je na okruglog stupu i kod obične izvedbe nije visinski podesivo. Konzola na kojoj se nalazi okrugli zaokretni radni stol, providjen obično križnim T-utorima, obuhvaća okrugli stup. Radni stol zajedno s konzolom visinski je podesiv na okruglom stupu pomoću ručnog pužnog prigona koji djeluje na vertikalnu koso ozubljenu zubnu motku, prislonjenu uz okrugli stup. S pomoću dva stezna vijka učvršćuje se konzola s radnim stolom u svakom visinskom položaju na stup bušilice. Radni stol zajedno s konzolom može se zaokretati oko okruglog stupa i time se može podnožje bušilice, koje ima radnu plohu providjenu T-utorima, iskoristiti za prihvlat izradaka većih dimenzija. U podnožje je ugradena elektropumpa za hlađenje, kojom se sredstvo za hlađenje (obično emulzija ulja za hlađenje) doprema u provrt ili uvrt koji se obrađuje. Spremište sredstva za hlađenje nalazi se također u podnožju. Iz žljeba okruglog radnog stola vraća se sredstvo za hlađenje kroz savitljivu cijev natrag u spremište. Na vreteništu (sl. 31) nalazi se prirubni pogonski polnopreklopivi elektromotor sa dvije brzine okretanja (700/1500 o/min) i na njegovu se izdanku osovine nalazi zupčanik z_1 , koji zahvaća u dva zupčanika z_2 i z_3 . Na osovini A nalazi se premjestivi blok zupčanika z_4 , z_5 , z_6 i z_7 , koji pojedinačno zahvaćaju u zupčanike z_8 , z_9 , z_{10} i z_{11} šuplje osovine B , a ona putem klinastog provrta pokreće glavno vreteno. Stepenasti prigon daje 4 brzine, a s pomoću 2 brzine pogonskog elektromotora glavno vreteno dobiva 8 brzina okretanja (120 do 1200 o/min). Glavno vreteno uležišteno je u pinolu; na njoj se nalazi zubna motka z_{20} u koju zahvaća zupčanik z_{20} . Križne ručke vezane su preko osovine J sa zupčanicom z_{20} i s pomoću njih se može glavnom vretenu dati ručni posmak pri bušenju ili visinski pomicati pinola zajedno sa glavnim vretenom u čiji se Morse-konus stavljaju svrdlo ili drugi rezni alat. Kratkim aksijalnim pomakom bilo koje križne ručke i uključivanjem poluge za iskopčavanje posmaka automatski se ukopčava mehanički posmak. Posmični prigon izvodi kretanje od zupčanika z_{12} šuplje osovine B , te preko zupčanog bloka z_{16} , z_1 , z_{18} i redukcionih zupčanika z_{22} , z_{23} , čeljusne spojke, prenosnih zupčanika z_{24} , z_{25} , z_{26} i pužnog pri-

Sl. 29. Prikaz raznih cilindričnih rupa



be nije visinski podesivo. Konzola na kojoj se nalazi okrugli zaokretni radni stol, providjen obično križnim T-utorima, obuhvaća okrugli stup. Radni stol zajedno s konzolom visinski je podesiv na okruglom stupu pomoću ručnog pužnog prigona koji djeluje na vertikalnu koso ozubljenu zubnu motku, prislonjenu uz okrugli stup. S pomoću dva stezna vijka učvršćuje se konzola s radnim stolom u svakom visinskom položaju na stup bušilice. Radni stol zajedno s konzolom može se zaokretati oko okruglog stupa i time se može podnožje bušilice, koje ima radnu plohu providjenu T-utorima, iskoristiti za prihvlat izradaka većih dimenzija. U podnožje je ugradena elektropumpa za hlađenje, kojom se sredstvo za hlađenje (obično emulzija ulja za hlađenje) doprema u provrt ili uvrt koji se obrađuje. Spremište sredstva za hlađenje nalazi se također u podnožju. Iz žljeba okruglog radnog stola vraća se sredstvo za hlađenje kroz savitljivu cijev natrag u spremište. Na vreteništu (sl. 31) nalazi se prirubni pogonski polnopreklopivi elektromotor sa dvije brzine okretanja (700/1500 o/min) i na njegovu se izdanku osovine nalazi zupčanik z_1 , koji zahvaća u dva zupčanika z_2 i z_3 . Na osovini A nalazi se premjestivi blok zupčanika z_4 , z_5 , z_6 i z_7 , koji pojedinačno zahvaćaju u zupčanike z_8 , z_9 , z_{10} i z_{11} šuplje osovine B , a ona putem klinastog provrta pokreće glavno vreteno. Stepenasti prigon daje 4 brzine, a s pomoću 2 brzine pogonskog elektromotora glavno vreteno dobiva 8 brzina okretanja (120 do 1200 o/min). Glavno vreteno uležišteno je u pinolu; na njoj se nalazi zubna motka z_{20} u koju zahvaća zupčanik z_{20} . Križne ručke vezane su preko osovine J sa zupčanicom z_{20} i s pomoću njih se može glavnom vretenu dati ručni posmak pri bušenju ili visinski pomicati pinola zajedno sa glavnim vretenom u čiji se Morse-konus stavljaju svrdlo ili drugi rezni alat. Kratkim aksijalnim pomakom bilo koje križne ručke i uključivanjem poluge za iskopčavanje posmaka automatski se ukopčava mehanički posmak. Posmični prigon izvodi kretanje od zupčanika z_{12} šuplje osovine B , te preko zupčanog bloka z_{16} , z_1 , z_{18} i redukcionih zupčanika z_{22} , z_{23} , čeljusne spojke, prenosnih zupčanika z_{24} , z_{25} , z_{26} i pužnog pri-

gona z_{27} , z_{28} djeluje na zupčanik z_{29} , koji zahvaća zubnu motku z_{30} pinole. Zupčani blok daje tri brzine posmaka (0,05 do 0,24 mm/okr) glavnom vretenu. Visinski podešljivi graničnik, smješten na stablu koje je poprečnom vezom vezano na pinolu, određuje dubinu bušenja. Graničnik djeluje na polugu za iskopčavanje koja rastavlja čeljusnu spojku osovine F i time automatski prekida mehanički posmak. Aksijalnim pomakom bilo koje križne ručke rastavlja se mehanička veza između osovine J i pužnog kola z_{28} , a pomoću križnih ručki može se opet ručno pomicati pinola glavnog vretena. Pinoli, tj. glavnim vretenu, može se dati fini ručni posmak ručnim kolom koje se nalazi na izdanku osovine H . U tom slučaju moraju biti križne ručke aksijalno ukopčane, a poluga za iskopčavanje iskopčana. Fini ručni posmak djeluje preko pužnog prigona z_{27} , z_{28} osovine J , zupčanika z_3 i zubne motke z_{30} pinole na glavno vreteno. Zupčanik z_3 goni i vretenastu navojnu pumpu, koja stalno doprema ulje za podmazivanje u gornji dio vreteništa. Iz gornjeg dijela vraća se ulje prelijevajući se preko svih pokretnih strojnih dijelova vreteništa u svoje spremište, u koje je uronjena vretenasta navojna pumpa. Težina glavnog vretena s pinolom izjednačena je utegom koji se nalazi u šupljini okruglog stupa.



Sl. 31. Shematski prikaz vreteništa stupne bušilice

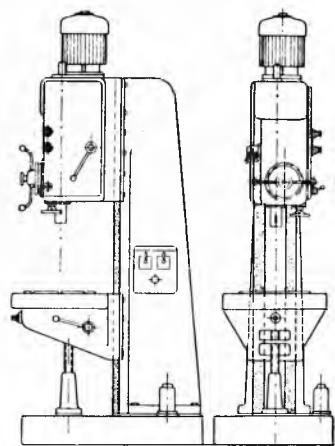
Stupne bušilice sa stalkom (sl. 32). Za razliku od stupnih bušilica s okruglim stupom, ove bušilice imaju stalak na čijim se vertikalnim vodilicama mogu pomicati i u svakom visinskom položaju učvrstiti vretenište i radni stol. Stupne bušilice sa stalkom su kruće nego stupne bušilice s okruglim stupom i pružaju veće mogućnosti obrade. Konzola radnog stola, koju vode vodilice stalka, poduprta je vertikalnim navojnim vretenom kojim se čvrsti četverostrani radni stol, providen T-utorima za prihvatanje izradaka, može ručno premještati u vertikalnom smjeru. S pomoću posebne ručke može se konzola radnoga stola učvrstiti na vodilicama stalka. Premještanje vreteništa duž vodilica stalka jest ručno ili mehaničko. U podnožju bušilice nalazi se spremište sredstva za hlađenje, u koje je uronjena elektropumpa.

Višeovinski stepenasti prigon sa zupčanicima vreteništa daje glavnom vretenu tolike brzine okretanja da se mogu vršiti operacije obrade bušenja u puni materijal, izbušivanja, sruštanja, razvrtavanja i rezanja navora. Dvobrzinski pogonski elektromotor vezan je za zupčani prigon preko lamelno-kлизne spojke, koja ograničava moment vrtnje i time osigurava stroj i rezni alat protiv preopterećenja. Motor se može okretati u oba smjera i stoga se mogu na bušilici rezati i lijevi i desni navoji posebnim strojnim navojnim svrdlima. Automatski posmak se uključuje ručno i uključuje električki graničnom sklopkom na glavini križne ručke i elektromagnetskom sklopkom koja je ugradena u osovinu puža posmičnog prigona. Iskopčavanje posmaka je trenutno i stoga ovaj mehanizam osigurava pri bušenju, izbušivanju i upuštanju održavanje uvijek iste dubine bušenja.

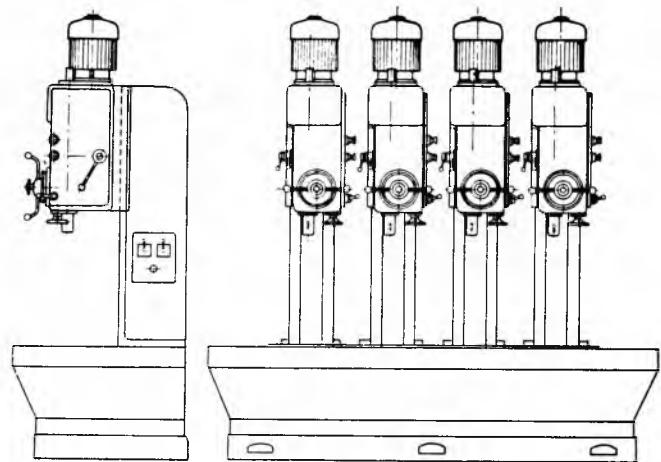
Redne bušilice (sl. 33). Za obradu većeg broja prvota i uvrta raznih dimenzija u istom izratku, pri čemu su potrebne i operacije bušenja, izbušivanja, upuštanja, razvrtavanja i rezanja navora, upotrebljavaju se radi ekonomičnosti redne bušilice.

Pri obradi na rednim bušilicama izradak je zahvaćen u bušnom ormaru koji osigurava određeni međusobni položaj svih prvota i uvrta na izratku.

Redna bušilica se sastoji od čvrstog stola na kojemu je jedan uzdužni T-utor ili više njih, i koji je uokviren širokim žlijebom za odvod sredstva za hlađenje u spremište koje se nalazi u samom stolu. Elektropumpa uronjena je u spremište sredstva za hlađenje. Na stolu su pričvršćene u određenim razmacima dvije ili više bušilica s okruglim stupom ili stalkom, jednakih ili raznih učina bušenja, već prema potrebi. Svaka bušilica ima svoj posebni pogonski elektromotor, zupčani glavni i posmični prigon. Prema postupku obrade svaka bušilica nosi posebni rezni alat (svrdlo, upuštač, razvrtač, bušnu motku, navojno svrdlo itd.). Prema svome reznom alatu podešeni su brzina, posmak i dubina svakog glavnog vretena. Redoslijed reznih alata upetih u glavna vretena odgovara redoslijedu operacija obrade na izratku. Pri obradivanju se izradak zahvaća u bušnom ormaru i podno-



Sl. 32. Stupna bušilica sa stalkom



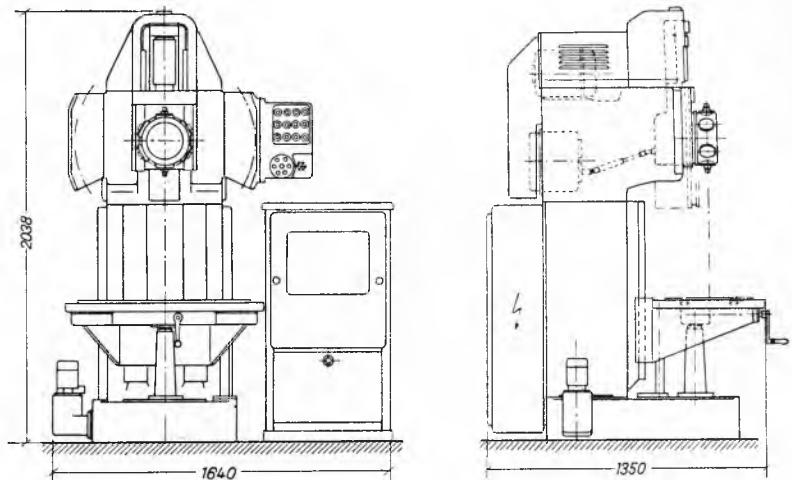
Sl. 33. Redna bušilica

si se na obradu bušilicama od prve do posljednje. Pri takvoj obradi ne mijenja se ni u jednoj bušilici rezni alat niti se mijenja udešeni režim rada samih bušilica. Redne bušilice se upotrebljavaju u serijskoj proizvodnji. Za proizvodnju u velikim serijama redne

su bušilice automatizirane. Posebnim prenosnim uredajem stalno se u taktu pred redom bušilica zaustavlja lanac izradaka i istovremeno sve bušilice obrađuju pred sobom u posebnoj stezi zahvaćen izradak.

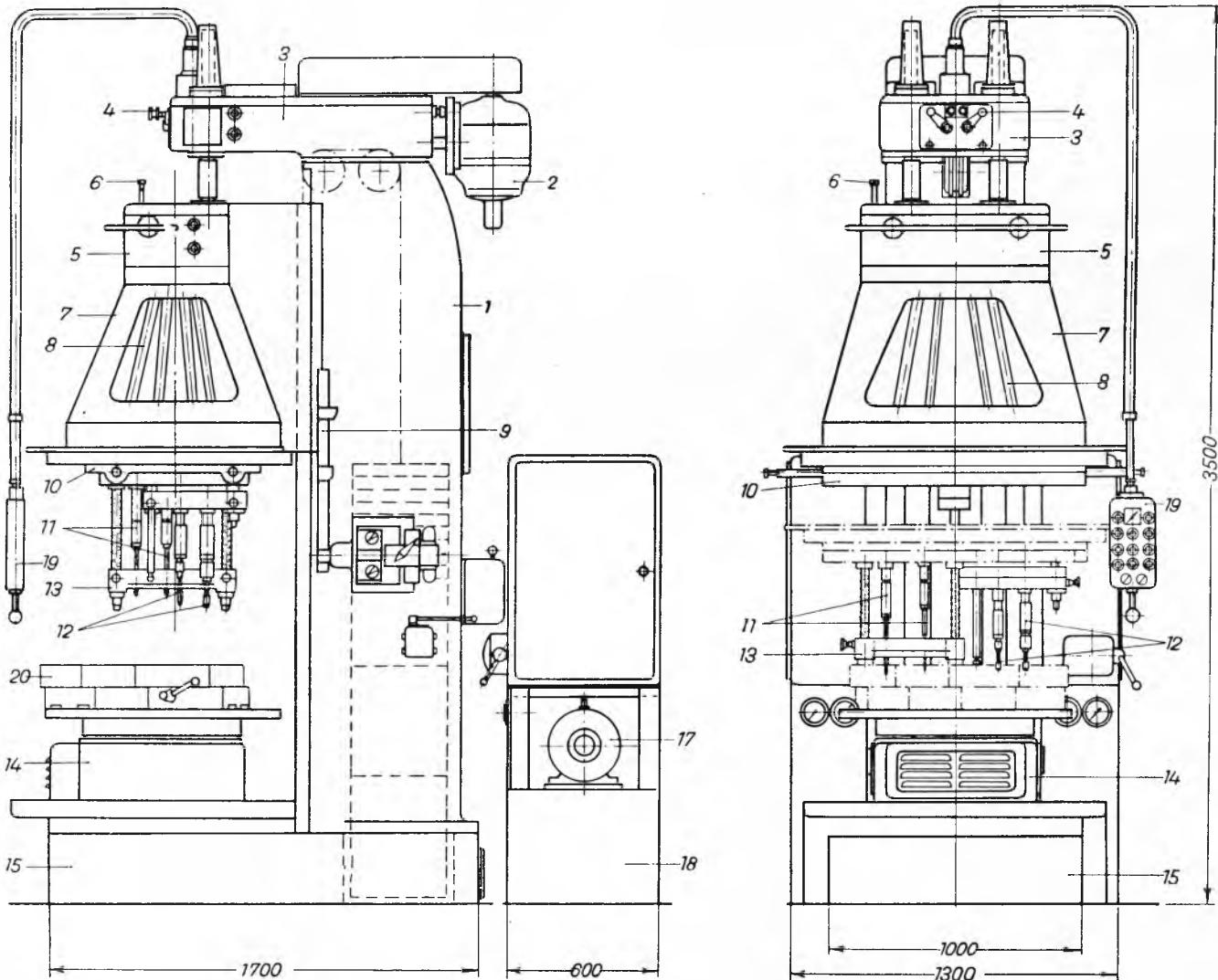
Učin bušenja stupnih bušilica iznosi od 16 do 50 mm u punom materijalu, pri izbušivanju do ~ 80 mm; učin rezanja navoja ide do M 50 ili $1\frac{1}{2}''$; dubina bušenja iznosi od 100 do 300 mm; brojevi okretaja vretena su stepenasto podešivi od 60 do 300 o/min i od 300 do 1500 o/min; posmaci su od 0,05 od 1 mm/okr., snaga od 1 do 4 kW.

Revolverske bušilice (sl. 34). Revolverskim bušilicama obrađuju se prvrti ili uvrti čija izrada iziskuje razne operacije obrade na bušilici. Pri tom se izraci, ev. zahvaćeni u bušnom ormaricu ili steznoj napravi, obrađuju u jednom steznom zahvatu na revolverskim bušilicama koje u svojoj revolverskoj glavi mogu obično upeti do 6 različitih reznih alata. Na revolverskoj bušilici mogu se izvršiti operacije središnjeg uvrтavanja, bušenja, izbušivanja, lomljenja bridova, upuštanja, razvrtavanja i rezanja navoja. Redoslijed operacija obrade može biti bilo kakav i zavisi od oblika prvarta ili uvrta koji se obrađuje. U šesterodijelnu revolversku bušnu glavu upinju se rezni alati onim redom koji odgovara postupku obrade zadanih prvarta ili uvrta. Svako vreteno revolverske glave raspolaže četirima brzinama i beštepeno podešivim hidrauličnim posmackom. Prilazni hod revolverske glave prije jedne operacije obrade i povratni hod nakon izvršene operacije ubrzani su i brzina im iznosi ~ 6 m/min. Bušno vreteno revolverske glave koje je u zahvatu sa izratkom okreće se, a ostala vretena miruju. Pošto je jedno vreteno izvršilo operaciju obrade, ono se automatski vrati, a isto tako se automatski okreće revolverska glava, novo vreteno se uljajući, revolverska glava pridiše i izvodi slijedeću operaciju obrade. Nakon upinjanja



Sl. 34. Revolverska bušilica

ske glave prije jedne operacije obrade i povratni hod nakon izvršene operacije ubrzani su i brzina im iznosi ~ 6 m/min. Bušno vreteno revolverske glave koje je u zahvatu sa izratkom okreće se, a ostala vretena miruju. Pošto je jedno vreteno izvršilo operaciju obrade, ono se automatski vrati, a isto tako se automatski okreće revolverska glava, novo vreteno se uljajući, revolverska glava pridiše i izvodi slijedeću operaciju obrade. Nakon upinjanja

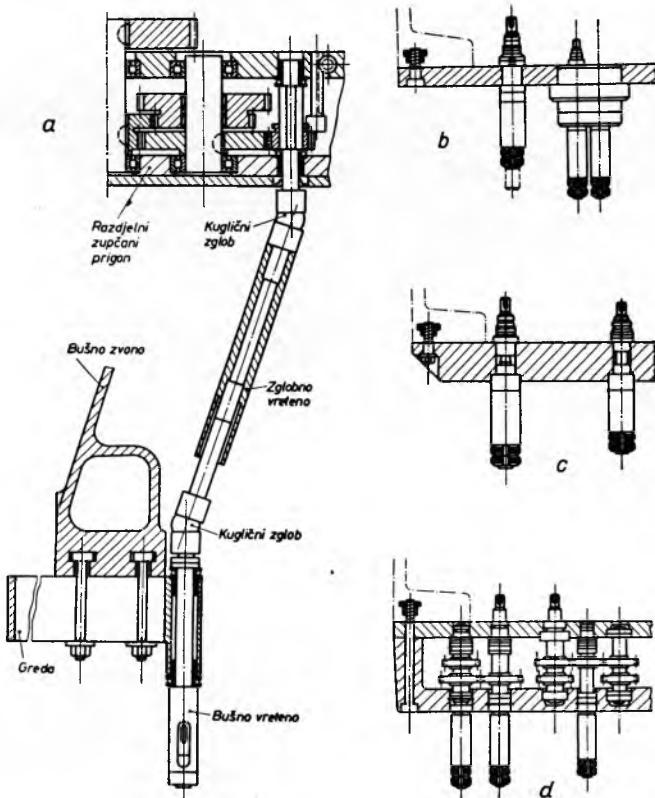


Sl. 35. Viševretena bušilica

izratka i upućivanja bušilice u rad sve se operacije obavljaju automatski do završetka. Bušilica je programirana jer se svakom bušnom vretenu u revolverskoj glavi dodjeljuje brzina okretanja, posmak i dubina hoda koji odgovaraju njegovoj operaciji obrade. Programiranje omogućuje i preskakanje pojedinih bušnih vretena (npr. kad su potrebna samo 4 vretena).

Učin bušenja revolverskih bušilica iznosi do 20 mm, učin rezanja navoja do M 16, hod revolverske bušne glave ~ 200 mm; okretaji vretena od 63...1400 o/min do 125...2800 o/min, posmaci su bestepeno podešivi od 0 do 2400 mm/min, brzi hod iznosi ~ 6 m/min a ukupna snaga ~ 6 kW.

Viševretnene bušilice (sl. 35) služe u serijskoj i masovnoj proizvodnji za istovremenu obradu svih uvrta, prvorata, upuštanja, navoja itd. na jednom izratku. Viševretnena bušilica se sastoji od krutog stakla 1, pogonskog elektromotora 2, glavnog višesovinskog stepenastog prigona sa zupčanicima 3, poluge za ukopčavanje brzine 4, razdjelnog zupčanog prigona 5 s individualnim uključivačima pojedinih vretena u odnosu 1 : 2 (6), bušnog zvona 7 s nizom zglobnih vretena 8, upravljačke mot-



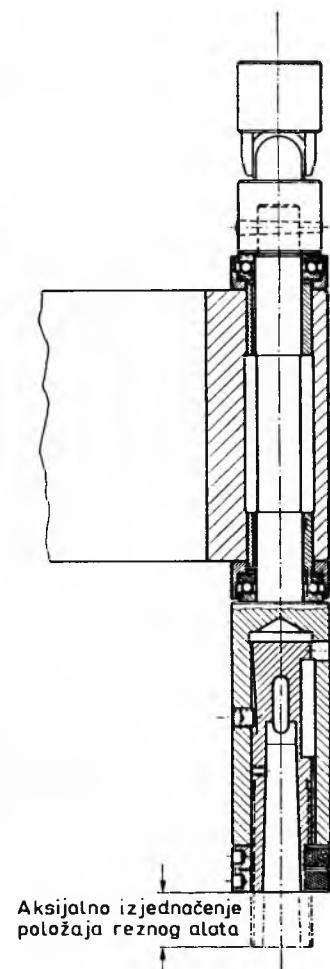
Sl. 36. Bušna vretena. a) pogon podešivih bušnih vretena, b) vretnenska ploča s izmjenjivim bušnim vretenima, c) vretnenska ploča s neizmjenjivim bušnim vretenima, d) vretnensko kućište

ke 9 sa graničnicima, ležajne bušne ploče 10 za prihvatanje vretena 11 i vretnena za rezanje navoja 12, bušne linete 13, zaokretnog radnog stola 14, podnožja 15, uklopne ormara elektrouredaja 16, pogonskog elektromotora 17 za hidraulični uređaj, spremišta za ulje 18 i komandne viseće ploče 19. Na zaokretnom stupu upeti su prikladnim stegama izraci 20.

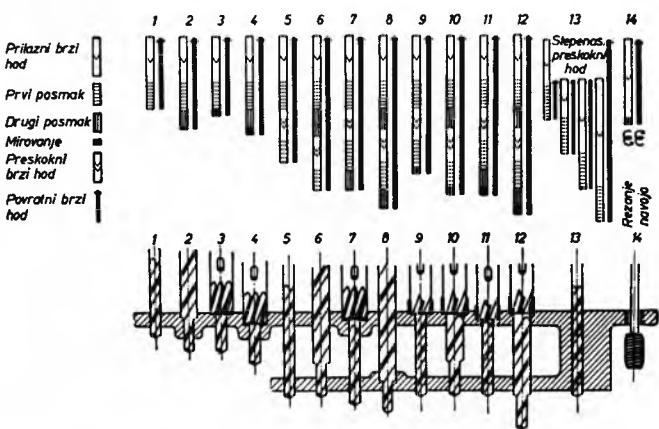
Iz razdjelnog zupčanog prigona (sl. 36 a) izlazi veći broj (do 40) izdanaka osovina na koje se preko kugličnog zgloba nadovezuje teleskopsko zglobno vretneno. Bušno vretneno vezano je na zglobno vretneno drugim kugličnim zglobovima. Bušna vretena mogu biti uležištene u grede koje se mogu ispod bušnog zvona unutar stanovitog gabarita prema potrebi po volji porazmjestiti i u svakom položaju učvrstiti. Upotrebljavaju se pri obradi manjih serija izradaka. Za veće serije upotrebljava se vretnenska ploča (sl. 36 b) u kojoj se nalaze porazmještene provrti za prihvatanje izmjenjivih bušnih vretena. Razmještaj provrta u ploči odgovara geometrijskoj slici provrta na izratku. Vretnenska ploča s neizmjenjivim bušnim vretenima (sl. 36 c) i vretnensko kućište sa

čvrsto ugrađenim vretenima (sl. 36 d) i raznim zupčaničkim prenosima, radi povećanja broja bušnih vretena i radi diferenciranja broja okretaja, upotrebljavaju se pri obradi izradaka u masovnoj proizvodnji.

Bušna vretnena uležištenu su u klizne ili igličaste ležaje. Aksijalne sile preuzimaju aksijalni kuglični ležajevi (sl. 36 d). U prihvati uvrt vretena umeće se aksijalno podešivi držać reznog alata i u njihov se Morse-konus upinje sam alat. Aksijalno uđešavanje položaja reznog alata omogućuje ili istovremeni zahvat svih alata ili određeni redoslijed ulaska pojedinog alata u izradak. Bušne linete mogu biti pričvršćene na bušnom zvonu, a vodene su na posebnim vodilicama. Pri radu najprije bušna lineta prilegne na izradak a zatim prolaze rezni alati kroz bušne puškice linete i obrađuju izradak. Bušne linete ili šablone mogu biti isto tako učvršćene na steznoj napravi u kojoj je upet izradak. U ovom slučaju bušna lineta miruje, dok se u prvom slučaju vertikalno pomije u prilaznom i povratnom brzom hodu bušnog zvona. Glavni stepenasti prigon daje do 16 raznih brzina okretanja razdjelnog prigona koji okreće bušna vretnena. Svako se bušno vretneno može pojedinačno uključiti direktno ili u odnosu 1 : 2. Posmak bušnog zvona izvodi se iz glavnog prigona kao mehanički ili elektromehanički posmak sa stepenastim mijenjanjem (do 18 brzina). Potrebeni brzi prilazni i povratni hod daje posebni elektromotor. Hidraulični bestepeni posmak viševretnene bušilice pruža velike mogućnosti u programiranju rada. Svaka se operacija obrade može uputiti ručno a može se i cijeli program obrade odvijati automatski. Iz svog gornjeg položaja bušno zvono sa vretenima u prilaznom hodu dolazi sa vršcima reznih alata do izratka, prelazi u programirani ciklus obrade i nakon izvršene obrade vraća se automatski u svoj gornji početni položaj. Slijedi promjena izratka i nova automatska obrada.

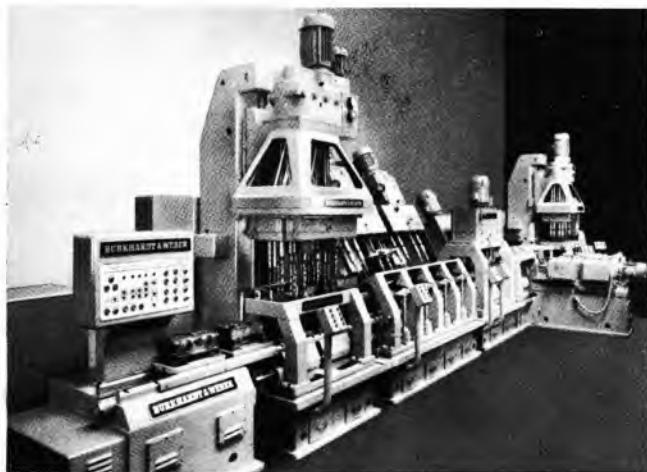


Sl. 37. Bušno vretneno s podešivim držaćem alata



Sl. 38. Programirani razni radni ciklusi na viševretenim bušilicama

Program hidrauličnog posmaka obuhvaća prilazni brzi hod; prvi posmak bestepeno podešiv od 10 do 200 mm/min; drugi posmak, nezavisan od prvog, bestepeno podešiv od 10 do 200 mm/min; zaustavljanje posmaka i mirovanja na čvrstom graničniku; preskočni brzi hod; stepenasti preskočni hod; povratni brzi hod.



Sl. 39. Niz viševretenih bušilica u transfernoj liniji

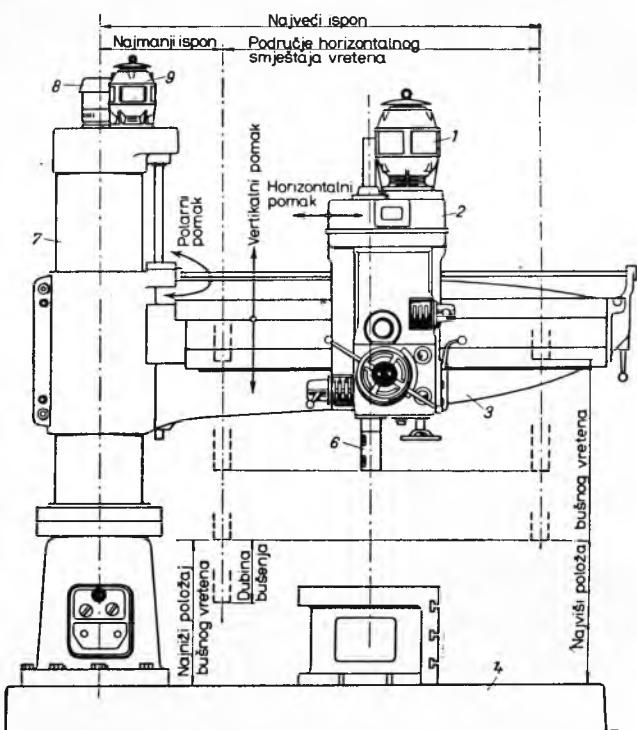
Redoslijed operacija u programu izvodi se prema tehnološkoj potrebi obrade. Postoji veliki broj raznih radnih ciklusa na viševretenim bušilicama (sl. 38). Naznačeni ciklusi obuhvaćaju: prilaz, bušenje, povrat; prilaz, bušenje jednim posmakom, bušenje drugim posmakom, povrat; prilaz, bušenje, mirovanje posmaka, povrat; prilaz, bušenje jednim posmakom, bušenje drugim posmakom (manjim), mirovanje posmaka, povrat itd. Ciklus rada broj 13 prikazuje obradu duboke rupe s opetovanim izbacivanjem strugotine i stepenastim preskočnim brzim hodom. Ciklus 14 prikazuje bušenje navoja, pri kojemu postoji prilazni brzi hod, zatim mirovanje posmaka bušnog zvona, za koje vrijeme navojno svrdlo nareže navoj u prethodno izbušenom provrtu. Nakon izrezivanja navoja obrne se smjer okretanja bušnog vretena i navojno svrdlo se izvija iz narezanog navoja provrta, nakon čega slijedi povratni brzi hod. Na nekim viševretenim bušilicama postoji mogućnost da se kombiniranim alatom probuši provrt i neposredno poslije toga istim alatom nareže navoj. Pošto se smjer okretanja promjeni, alat se izvija i slijedi brzi povratni hod.

Udešavanjem graničnika na upravljačkoj motki programiraju se pojedini ciklusi obrade. Podešene upravljačke motke (v. sl. 35, br. 9) mogu se skinuti i zamijeniti drugim podešenim motkama za druge cikluse obrade. Takve promjenljive motke sa svojim stalno udešenim graničnicima predstavljaju mehaničku memoriju određenog programiranog ciklusa rada. Viševretene bušilice dobivaju prema tehnološkoj potrebi čvrsti radni stol, konzolni stol čija je visina navojnim vretenom udesiva, uzdužno posmični stol koji je vođen u vodilicama, izvlačni stol koji se može naprijed izvući radi lakšeg ulaganja samog izrata, i okretljivi stol.

Nekoliko višestepenih bušilica (programiranih, s automatskim ciklusom obrade) raznih veličina i učina, postavljenih u red prema potrebi obrade horizontalno, vertikalno ili koso i povezanih automatiziranim pomakom transportnog lanca, tvore prijenosnu liniju viševretenih bušilica (sl. 39).

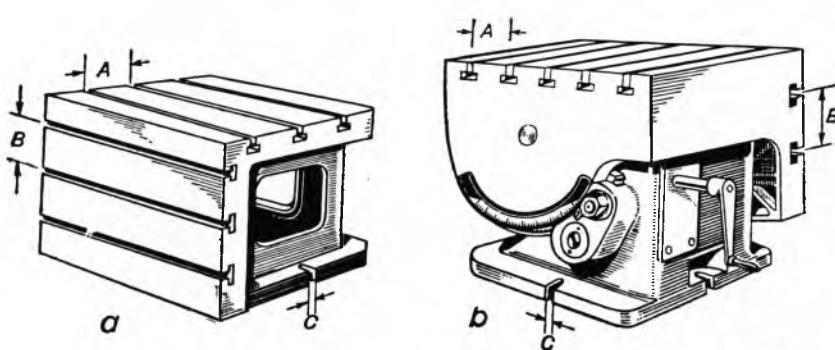
Broj bušnih vretena viševretenih bušilica iznosi od 8 do 40, učin bušenja od 6 do 32 mm \varnothing , mehanički posmaci od 0,05 do 2 mm/okr., brzi hod od 1,5 do 3 m/min, hidraulični posmaci od 4 do 200 mm/min, brzi hidraulični hod \sim 5 m/min, broj brzina vretena od 4 do 16, broj okretaja od 30 do 1400 o/min, mirovanje posmaka podešivo od 5 do 40 sek, pritisak bušenja od 500 do 5000 kp, snaga pogonskog motora od 3 do 20 kW, snaga motora hidrauličnog uredaja od 1 do 2 kW.

Radijalne bušilice (sl. 40). upotrebljavaju se za obradu provrta i uvrta na većim izracima koji se zbog svoga oblika i težine ne mogu pomicati ispod bušnog vretena. Izradak se učvršćuje na podnožje ili stol radijalne bušilice. Bušno vreteno može,

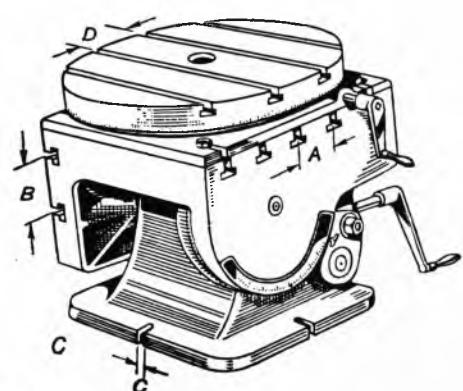


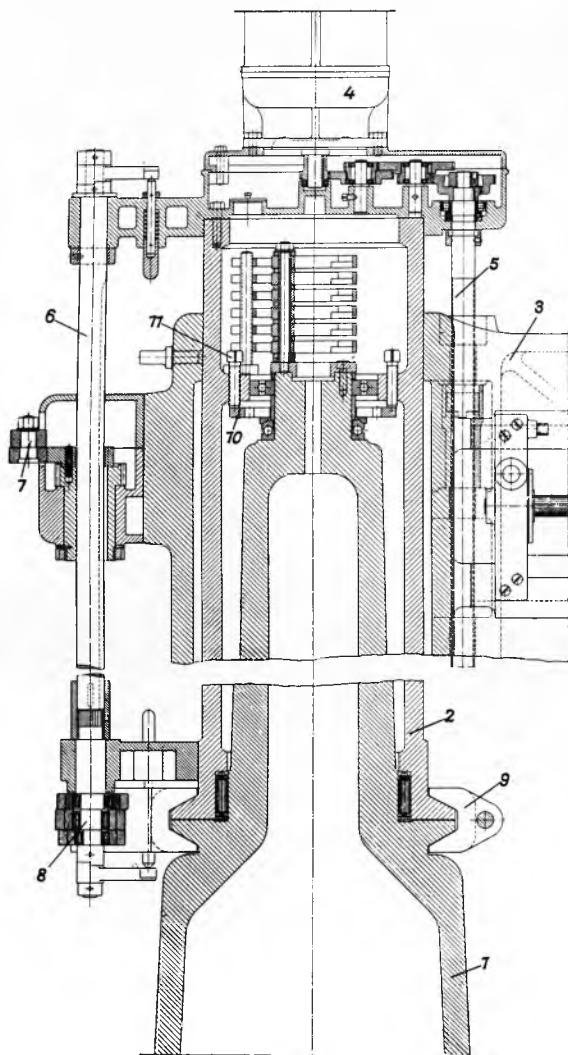
Sl. 40. Jednostupna radijalna bušilica

premeštavajući se horizontalno na brvnu, polarno zaokretanjem oko stupa i vertikalno zajedno sa brvnom na stupu, zauzeti svaki položaj unutar stanovitog prostora nad izratkom. Brvno se može zaokretati oko stupa za 360° i prema tome mogu se radijalnim bušilicama obradivati i izraci koji su postavljeni u krugu oko stupa. Postoje radijalne bušilice s običnim podnožjem, sa dvostrukim protupoloženim podnožjem, s križnim i s kružnim podnožjem.



Sl. 41. Podnožja radijalnih bušilica. a kockasti stol, b nagibni stol, c nagibni stol s kružnom diobenom pločom





Sl. 42. Presjek stupa radijalne bušilice

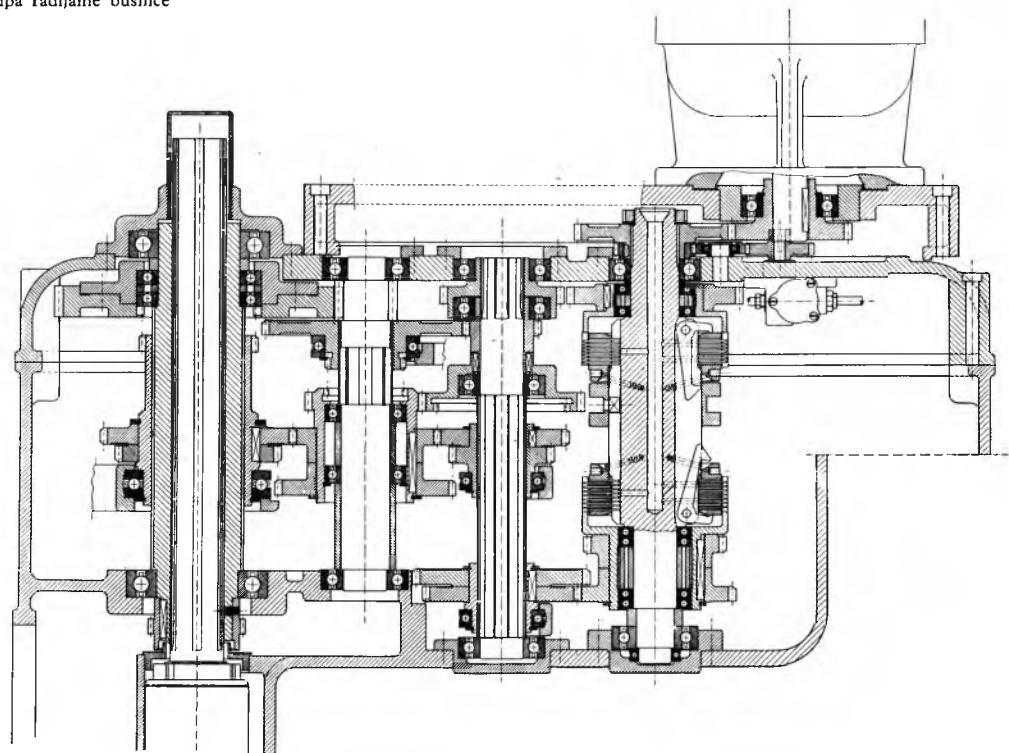
Veći se izraci učvršćuju na podnožju koje ima T-utore, a manji se izraci stave na kockasti stol (sl. 41a), ili na nagibni stol (sl. 41b), ili na nagibni stol s kružnom diobenom pločom (sl. 41c).

Nagibni i nagibno-dibenobi stolovi omogućuju u jednom zahvatu izratka bušenje provrta i uvrta pod raznim nagibima osi provrta i uvrta.

Podnožje radijalne bušilice je vrlo kruto. U njemu se nalazi spremište sredstva za hlađenje, u koje je uronjena elektro-pumpa. Na podnožju je jakim vijcima učvršćen kruti stup 1 (sl. 42), oko kojeg se može zaokretati pomični stup 2. Brvno 3 pomiče se vertikalno elektromotorom 4; ovaj preko zupčanog prigona pokreće navojno vreteno 5 a ono preko navojne matice zahvaća brvno. Mehaničkim ili hidrauličnim prenosom poseb-

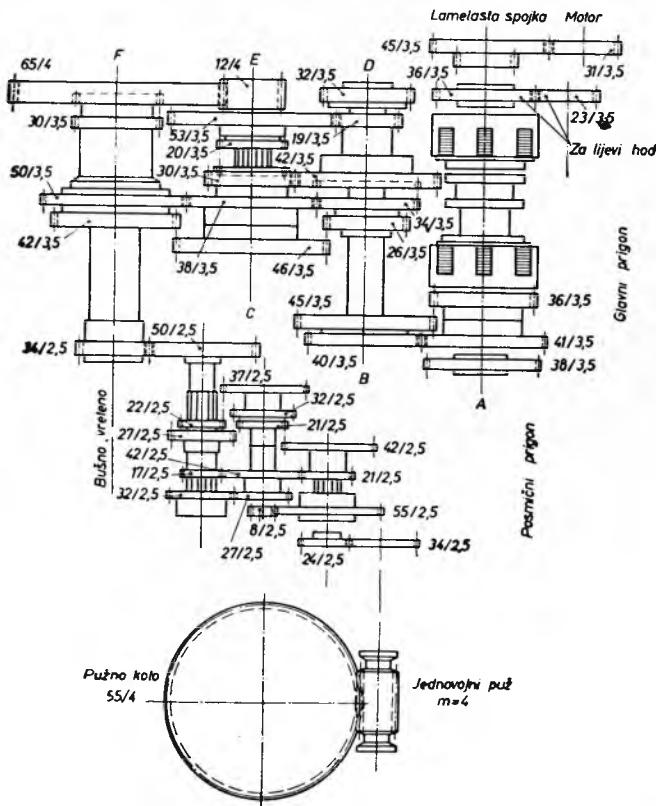
ni stezni motor zaokretanjem steznog vretena 6 učvršćuje preko poluge brvno na pomični stup 2, a preko ekscentra 8 i obuhvatnih dvodjelnih konusnih čeljusti 9 pomični stup 2 na čvrsti stup 1. Sva potrebna učvršćenja mogu se izvršiti i rukom. Dilatirano lisno pero 10 pri otkočenoj stezi 9 podiže pomični stup za $\sim 0,03\ldots 0,05$ mm, uslijed čega se cijeli pomični stup sa brvnom i vreteništem može na aksijalnom kugličnom ležaju lagano zaokretati. Zračnost se udešava vijcima 11. Pomični je stup gore radijalno uležišten u kuglični, a dolje u veliki igličasti ležaj. Čeljusna stega zatno ukrućuje pomični stup i brvno, i ona sprečava vretenište, tj. bušno vreteno, da se za vrijeme bušenja djelovanjem aksijalne sile bušenja izdigne (v. sl. 48). Glavni pogonski elektromotor (sl. 43) pričvršćen je na vretenište. Dvostruka lamelna spojka s kočnicom (nije ucrtana) omogućuje da se, ne prekidajući rad elektromotora, bušno vreteno stavi u pogon i zaustavi, ili da mu se mijenja smjer okretanja pri rezanju navoja. U glavnom prigonu ugradene su tri pune osovine A, B, C (sl. 44), tri šuplje osovine D, E, F i niz zupčanika i zupčano-čeljusnih spojki, koji razmještanjem daju glavnom vretenu F 24 brzine okretanja. U vreteništu je ugradena i zupčana pumpa kojom se podmazuju svi pokretni dijelovi vreteništa i posmičnog prigona. Dijagram brzina okretanja svih osovina u glavnom prigonu vreteništa prikazuje sl. 45. Prigon daje 24 brzine bušnom vretenu F (od 21,4 do 1570 o/min). Postignuti brojevi okretaja odstupaju od brojeva koji su propisani tablicom 7, ali se ovo odstupanje nalazi u dozvoljenim granicama. Kod malih brojeva okretaja (većeg promjera svrdla) stepenasti je skok $\phi \approx 1,25$, kod velikih brojeva okretaja (manjeg i malog promjera svrdla) $\phi \approx 1,12$, što odgovara potrebljama obrade. Glavno vreteno zahvaćeno je šupljom osovinom F (v. sl. 44) preko klinastog zahvata i uležišteno je u pinoli u dva radijalna specijalna kuglična ležaja i dva aksijalna kuglična ležaja. Pinola je bez zazora uležištena u vreteništu tako da i pri najvećem aksijalnom posmičnom pritisku bušno vreteno ne izmiče iz svog vertikalnog položaja.

Posmični prigon na sl. 44 daje 12 različitih posmaka. Ugrađena sigurnosna čeljusna spojka onemoguće preopterećivanje ovog prigona. U posmičnom pužnom kolu 1 (sl. 46) ugrađena je radijalno trokutasta užljebljena spojka 2 (sl. 47), u koju zahvaćaju dvije nazubljene čeljusti 3 (sl. 46 i sl. 47). Ova se spojka zatvara i otvara pomicanjem križne ručke 4, koja preko potege



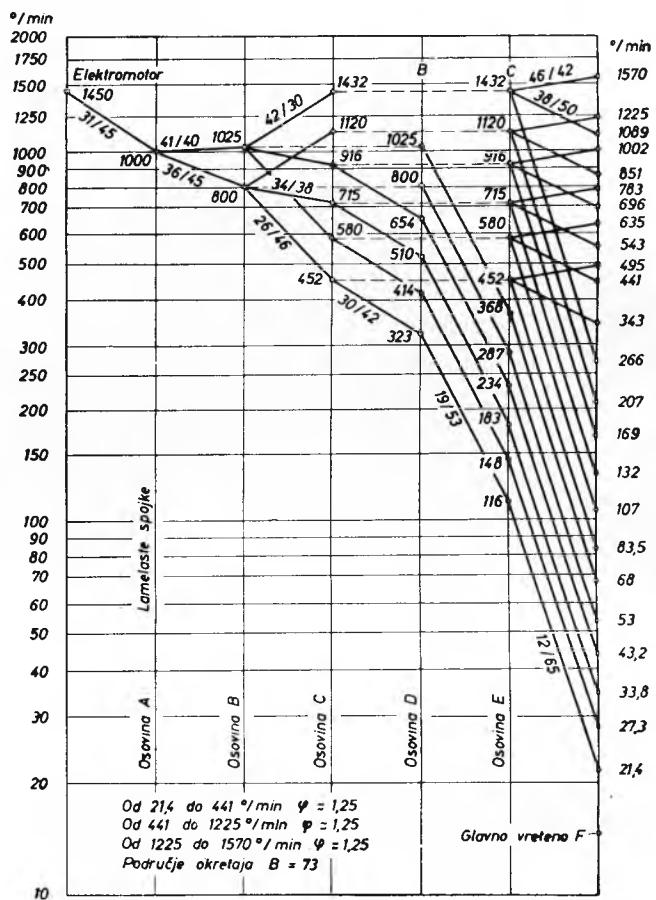
Sl. 43. Presjek glavnog prigona vreteništa

5, kugle 6 i svornjaka 7 izdiže dvije čeljusti 3, ili se čeljusti iskopčavaju djelovanjem navojnog pera 8 (sl. 47).



Sl. 44. Shematski prikaz vreteništa radijalne bušilice

Ručno se ukopčava i iskopčava posmak križnim ručkama 4, a kad je uključen automatski posmak, automatsko iskopčavanje vrši posebna poluga djelovanjem graničnika na mjerenoj ploči 9. Graničnik podiže uključenu polugu koja preko prenosa iskopčava čeljusnu spojnicu na osovini posmičnog puža (kao na stupnim bušilicama). Iskopčavanje nije pod utjecajem aksijalne posmične sile i uslijed toga osigurano je lagano i tačno (što se dubine bušenja tiče) isključenje posmaka. Tom posebnom polugom

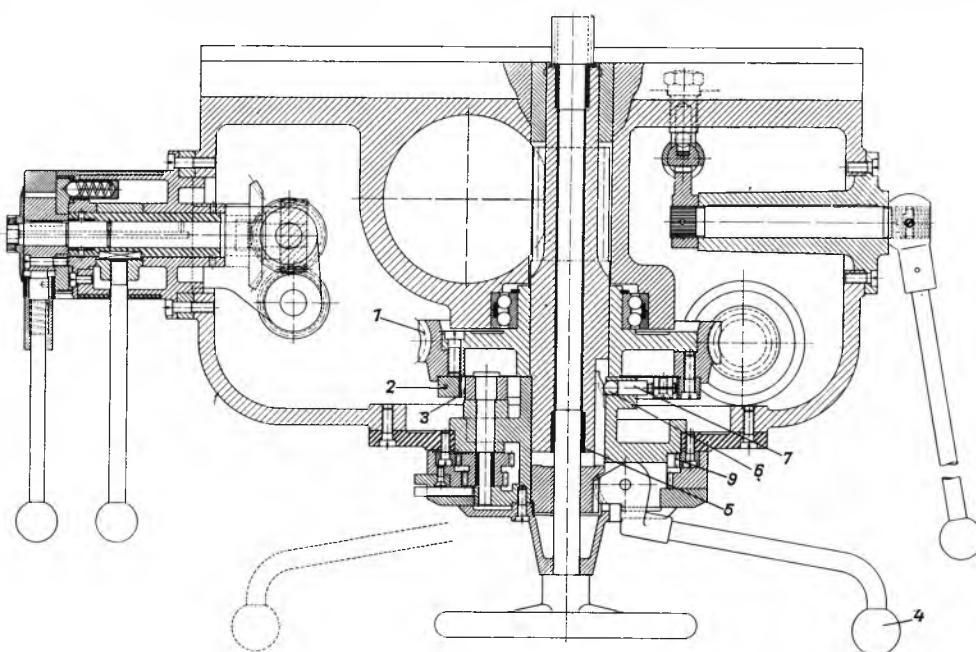


Sl. 45. Dijagram brzina vretena radijalne bušilice

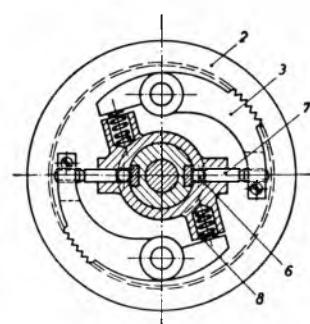
može se ručno ukopčavati i iskopčavati posmak vretena ako su uključene križne ručke.

Brzine okretanja glavnog vretena i brzine posmaka mogu se birati nakon svake izvršene operacije obrade ručno raznim polugama ili predbiranjem. U potonjem slučaju se izbor brzina vrši za vrijeme rada stroja, a nove se brzine uključuju pritiskom na jedno dugme ili pomakom samo jedne poluge. Postoje i programirane radijalne bušilice kod kojih je cijeli ciklus brzina određen

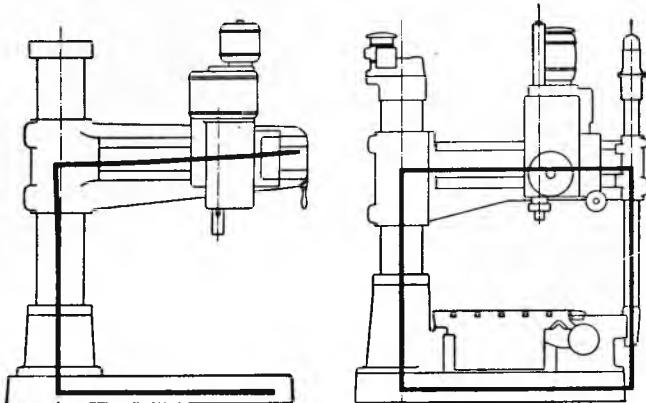
programom. Brzine se automatski mijenjaju nakon što je prethodna operacija obrade izvršena. Veće radijalne bušilice snabdjevene su i brzim hodom vreteništa duž brvna. Brzi hod se postiže posebnim elektromotorom i iznosi ~ 2 m/min. U prigon ugrađena la-



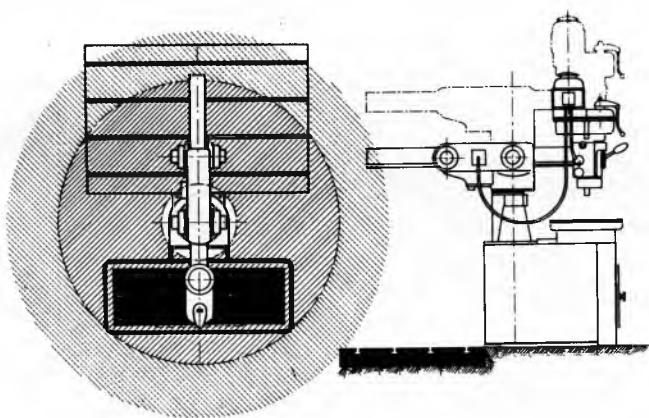
Sl. 46. Presjek u visini posmičnog pužnog kola



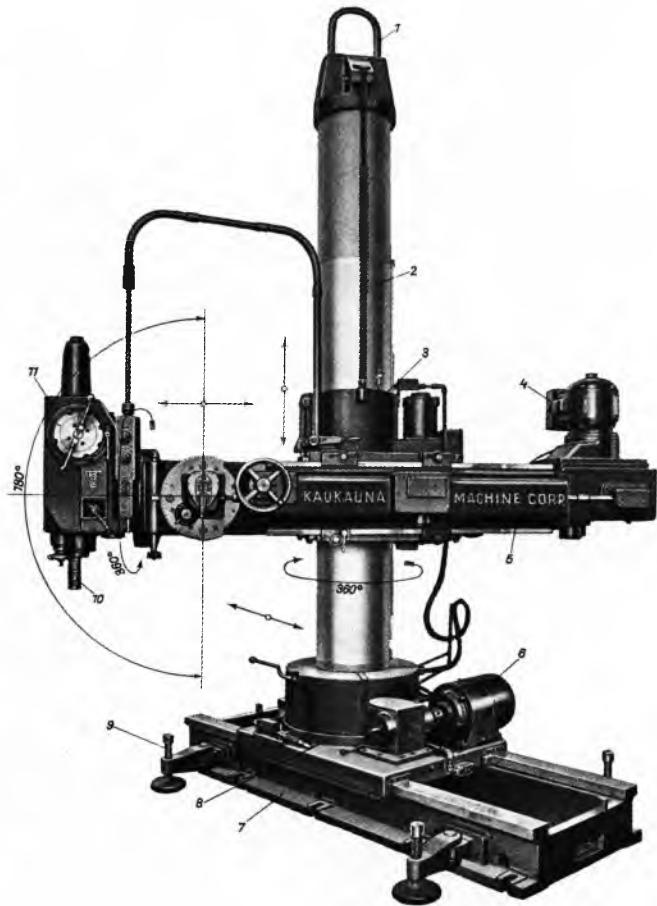
Sl. 47. Čeljusna obodna spojka pužnog kola za posmak glavnog vretena radijalne bušilice



Sl. 48. Izdizanje brvna i vreteništa otvorene i okvirne radikalne bušilice



Sl. 49. Brza radikalna bušilica



Sl. 51. Prenosiva radikalna bušilica

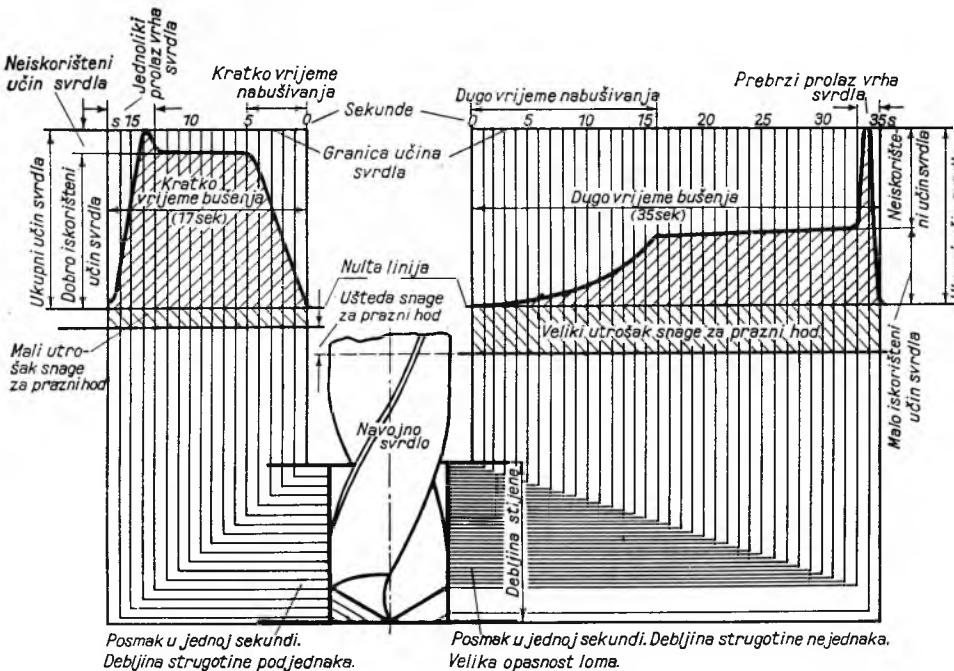
melna sigurnosna spojka spriječava lom alata ili drugih dijelova pri sudaru s izrakom ili pri sudaru s graničnicima.

Na učin bušenja mnogo djeluje i krutost radikalnih bušilica. Znatne aksijalne posmične sile (do 3000 kp) izdižu brvno (sl. 48) i zato se bušno vreteno izmiješa iz potrebnog vertikalnog položaja zavisno od veličine posmične sile. Utjecaj krutosti radikalne bušilice na učin bušenja prikazuju dijagrami bušenja dviju radikalnih bušilica

veće i manje krutosti (sl. 50). Za manje krutu bušilicu je vrijeme napuštanja i bušenja dulje nego za bušilicu kruće konstrukcije, zbog znatnijeg izdizanja brvna i vreteništa. Pri prolazu svrdla kroz provrt posmična sila se naglo smanjuje, progib brvna se također naglo smanjuje i svrdlo pod povećanim posmokom, djelovanjem padajućeg brvna, naglo prolazi kroz provrt, te dolazi do loma alata. Osim toga su uslijed izmicanja bušnog vretena iz vertikalnog položaja svrdla radikalno opterećena pa nastaje znatno trenje na platu provrta.

Radikalne bušilice dijele se na otvorene i okvirne (v. sl. 48). Na okvirnim je brvno posredstvom posebnog stupa vezano za horizontalnu polukružnu vodilicu, a one imaju i posebni horizontalni posmični stol koji je vođen prizmatičnim vodilicama. Kad se ove bušilice snabdiju optičkim mjernim sistemom, približavaju se po svojim karakteristikama koordinatnim bušilicama.

Za obradu razmjerno malih izrada služe *brze radikalne bušilice* (sl. 49). Iza čvrstog stola sa T-utorima uzdiže se stup vezano za horizontalnu polukružnu vodilicu, a one imaju i posebni horizontalni posmični stol koji je vođen prizmatičnim vodilicama. Kad se ove bušilice snabdiju optičkim mjernim sistemom, približavaju se po svojim karakteristikama koordinatnim bušilicama.

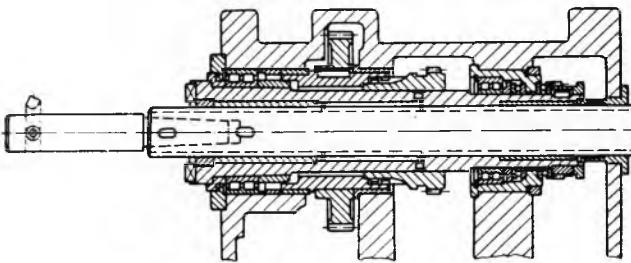


Sl. 50. Dijagram bušenja dviju radikalnih bušilica, veće i manje krutosti

Na velikim izracima izrađuju se provrti i uvrți s pomoću *prenosivih radijalnih bušilica* (sl. 51), osobito ako se ne postavljaju preoštiri zahtjevi na tačnost i toleranciju izbušenih rupa. Na prenosivom podnožju, koja se može horizontirati s pomoći vijaka, može se na vodilicama premještati (elektromotorom) klizna ploča na kojoj se nalazi stup. Stup obuhvaća poduža puškica u čijim se horizontalnim vodilicama može premještati brvno. Najmanji je ispon ~ 1200 mm, najveći ~ 2000 mm. Brvno zajedno s vreteništem i puškom može se zaokrenuti za 360° oko stupa. Vretenište se može u ravnni brvna zaokrenuti za 180° , a u ravnni okomici na brvno za 360° . Glavno bušno vreteno može zauzeti svaki položaj u prostoru. Bušilica se prenosi dizalicom do izrata koji se mora obraditi. Svi prostorno podešljivi dijelovi se blokiraju prije operacije bušenja. Promjer bušnog vretena iznosi ~ 60 mm, Morse-konus ima broj 4, dubina bušenja je 300 mm, a brojeva okretaja ima 9, od 45 do 800 o/min, posmaka 3, od 0,08 do 0,3 mm/okr., hod klizne ploče do 2000 mm, vertikalni pomak brvna do 1500 mm.

Učin bušenja srednjih radijalnih bušilica u puni materijal kreće se od 32 do 100 mm, učin prorvavanja od 60 do 150 mm, učin izbušivanja od 80 do 180 mm, učin izrezivanja od 135 do 300 mm, učin rezanja navoja do 3" ili M 88, najveći ispon vreteništa na brvnu od 1050 do 3500 mm, najmanji ispon od 250 do 400 mm, promjer stupa od 250 do 630 mm, promjer glavnog vretena od 35/65 do 65/105 mm, Morse-konus od 3 do 5, dubina bušenja od 300 do 500 mm, brojevi okretaja od 100...4200 o/min do 30...1300 o/min, posmak od 0,06 do 3,5 mm/okr., dozvoljena sila posmičnog pritiska od 800 do 3500 kp, snaga pogonskog motora od 2,9 do 12 kW.

Horizontalne bušilice-glodalice služe za vrlo tačnu obradu upuštanjem, izbušivanjem, bušenjem i razvrtanjem; za obradu glodanjem. Na horizontalnim bušilicama-glodalicama mogu se kapitalni dijelovi strojeva obraditi bušenjem, izbušivanjem, upuštanjem, razvrtanjem i glodanjem u jednom te istom steznom zahvatu, što omogućuje da se održe i traženi tačni odnosi među osima raznih prorvata i uvrta i glodanim plohama na izratku. Zbog tražene tačnosti obradenih izradaka, horizontalne bušilice-glodalice moraju biti vrlo čvrste i krute.

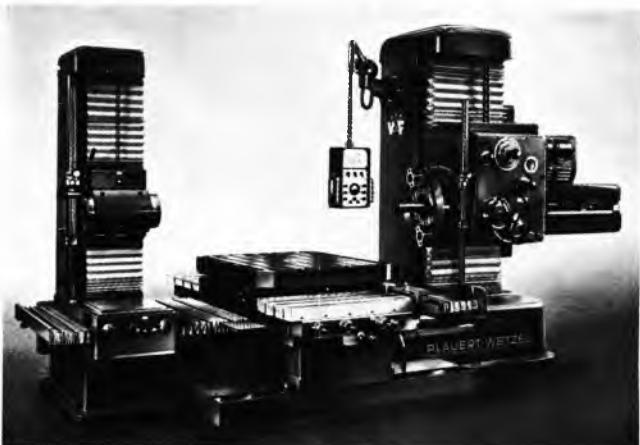


Sl. 52. Uležištenje glavnog vretena u šuplju osovini.

Odnos pogonske snage potrebne pri bušenju prema snazi pri glodanju iznosi 1:3 do 1:5. Na glavno bušno vreteno učvršćuju se različiti alati: svrdlo, upuštač, razvrtač, bušna motka, bušna glava s radijalno podesivim nožem (sl. 53 a), razna čeona i obo-dna glodala i male rezne glave (sl. 53 b). Rezni alati koji se

učvršćuju na bušnu puškicu glavnoga vretena jesu: stezna ploča za tokarenje s učvršćenom bušnom motkom u kliznom suportu (sl. 53 c) i velike rezne glave (sl. 53 d).

Horizontalna bušilica-glodalica (sl. 54) u svojoj najobičnijoj izvedbi sastoji se od vrlo krutog postolja na kojem se nalazi krut i čvrst stup. Na snažnim vertikalnim vodilicama stupa klizi, pomiče se i može biti u svakom visinskom položaju učvršćeno vretenište. U vreteništu se nalazi glavno bušno vreteno

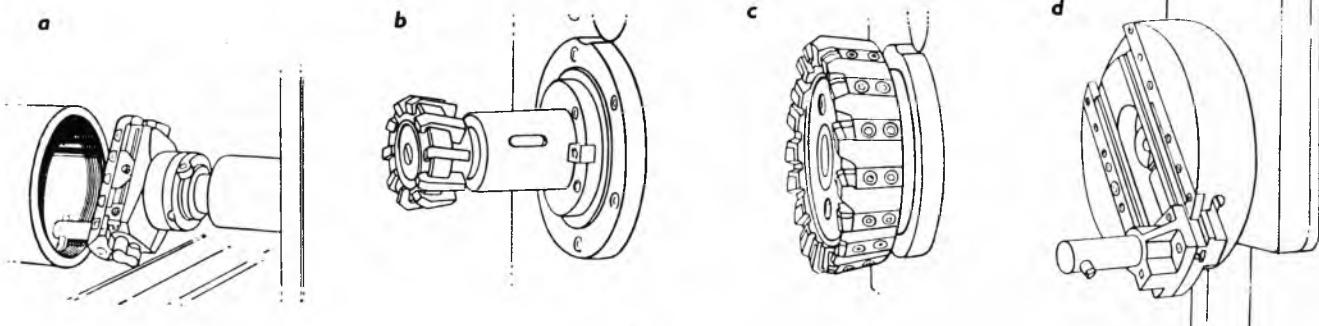


Sl. 54. Horizontalna bušilica-glodalica sa zaokretnim pomičnim stolom

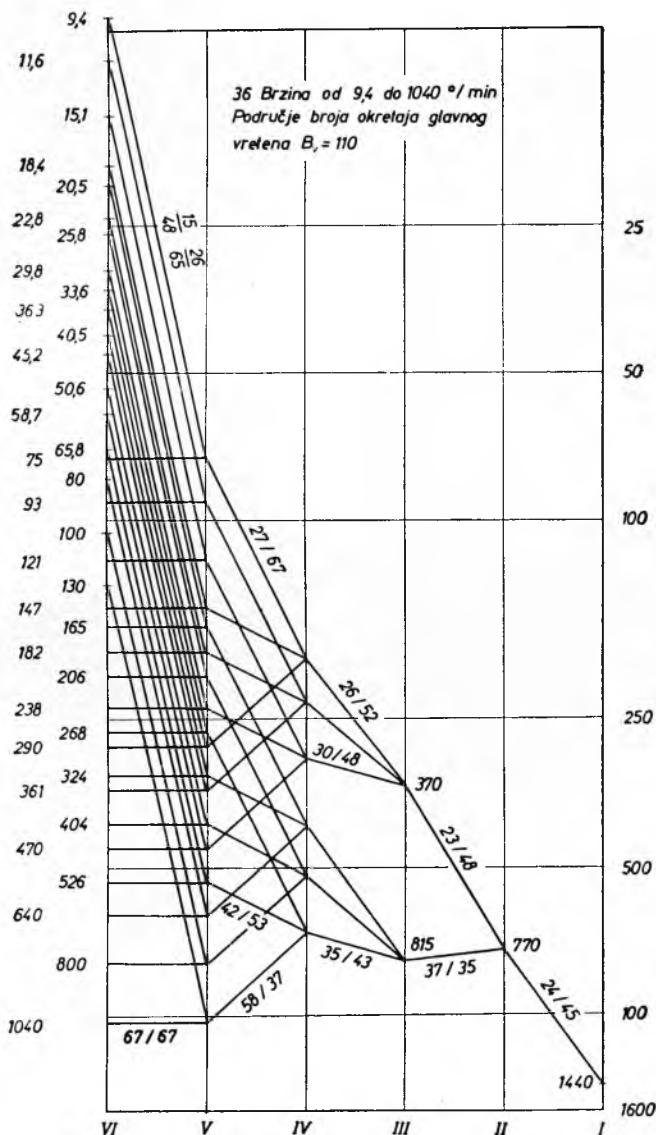
koje se može izvući do izvjesne mјere. Na vreteništu se nalazi i stezna ploča za tokarenje, s kliznim radijalnim suportom i držaćima bušnih motki ili tokarskih noževa. Na vodilicama postolja klizi i može biti učvršćen pomični križni okretljivi stol koji je uzdužno pokretljiv po vodilicama postolja a poprečno po vodilicama poprečnog postolja pokretljiv je oko svoje vertikalne osi na poprečnoj suportnoj ploči. Po vodilicama postolja može se premještati i protudržać bušnih motki. Protudržać izgrađen je u obliku stupa na čijim se vertikalnim vodilicama može učvrstiti u svakom željenom visinskom položaju protučlanj za bušne motke. Glavno rezno kretanje može vršiti glavno bušno vreteno i stezna ploča za tokarenje.

Glavno vreteno bušilice, koje se može izvlačiti, vođeno je u dugom, vrlo tačno obradenom proruču šuplje osovine koja je uležištena u vrlo precizne kotrljajuće valjkaste ležajevе. U sl. 52 prikazano je uležištenje glavnog bušnog vretena i šuplje osovine stezne ploče horizontalne bušilice. Na pogonskoj osovinici nalazi se zupčanik koji je spregnut s višeosovinskim zupčanim prigonom vreteništa bušilice. Zupčanom spojkom, smještenom pored pogonskog zupčanika, prima pogon šuplja osovine stezne ploče, koja je s jedne strane uležištena na pogonskoj osovinici a s druge strane u pinoli. Posmični ležaj vođen u posebnim vodilicama obuhvaća svojom ležajnom puškicom bušno vreteno, a potrebeni uzdužni posmak prenosi se na posmični ležaj s navojnog vretena preko uzdužno udesive dvostrukе maticе.

Vretenište je izgrađeno kao višeosovinski stepenasti prigon sa zupčanicima. Vretenište prikazano na sl. 56 daje 36 brzina (od 9,4 do 1040 o/min) glavnom vretenu. Područje brzina je 110.



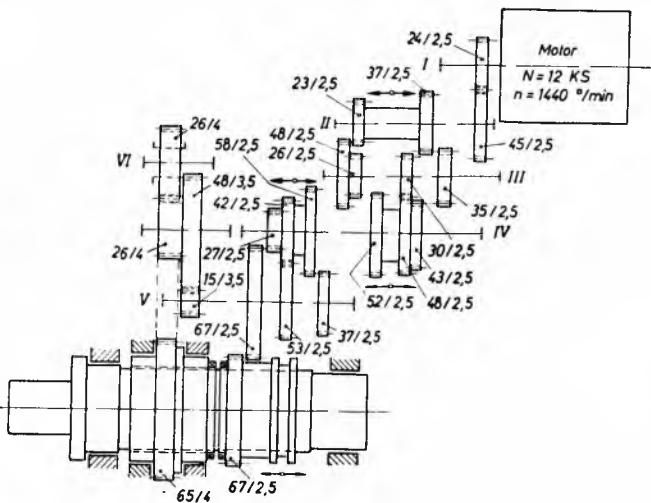
Sl. 53. Alati horizontalne bušilice-glodalice. a) bušna glava s radijalno podesivim nožem, b) mala rezna glava učvršćena na glavnom vretenu ili na steznoj ploči, c) velika rezna glava, d) stezna ploča za tokarenje s radijalno pomičnim držaćem



Sl. 55. Dijagram brzina vreteništa horizontalne bušilice-glodalice

Dijagram brzina prikazan je na sl. 55. Na manjim bušilicama-glodalicama postiže se ugradnjom varijatora (sl. 57) u vreteništu bestepena regulacija broja okretaja glavnog vretena (sl. 58). Iz dijagrama brzina se vidi da je ukupno područje brzina razdijeljeno na 4 stepena, što je postignuto razmještanjem zupčanika u vreteništu: unutar svakoga stepena moguća je bestepena regulacija brzinā s pomoću ugradenog varijatora čije je područje regulacije broja okretaja $\sim 4,5$. Sva 4 stepena u vreteništu su tako raspoređena da je moguća bestepena regulacija broja okretaja kroz cijelo područje brzina $B = 180$ (od 8,3 do 1500 o/min).

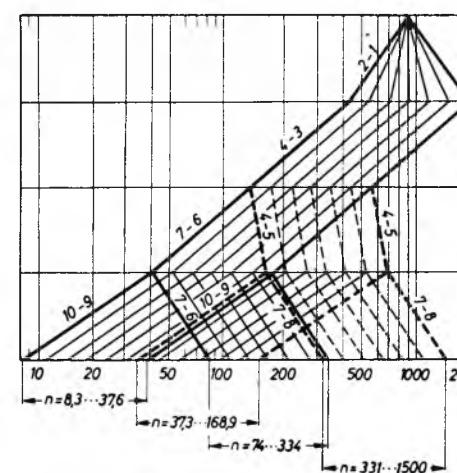
Rezna oštrica alata horizontalnih bušilica-glodalica može unutar izvjesnog gabarita (u zavisnosti od veličine stroja) zauzeti u prostoru svaki položaj. Da bi se mogli ispuniti zahtjevi tačnosti obrade, potrebni su kvalitetni uredaji za mjerjenje duljine u sve tri dimenzije prostora.



Sl. 56. Zupčani prenos vreteništa horizontalne bušilice



Sl. 57. Varijator



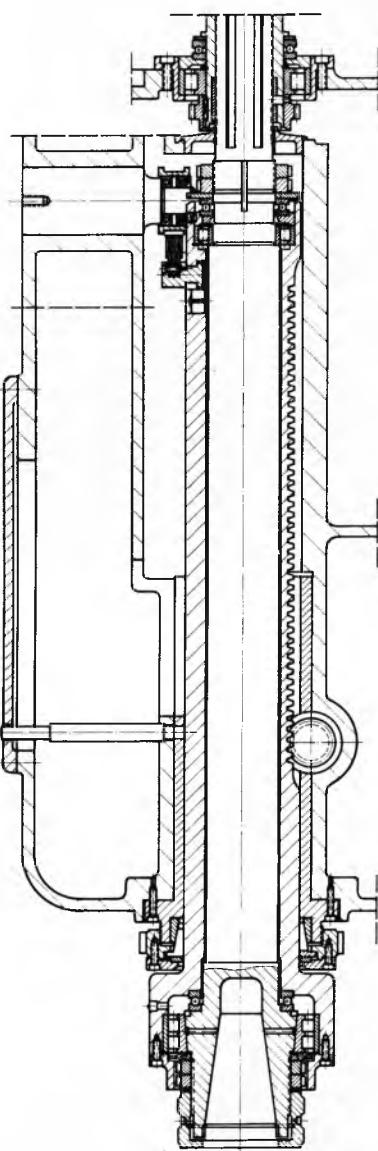
Sl. 58. Dijagram brzina vreteništa horizontalne bušilice-glodalice s bestepenim mijenjanjem brzina pomoću varijatora

U zavisnosti od tražene tačnosti obrade snabdijevaju se vodilice (a po potrebi i stol) uredajima kao što su: precizna dužinska mjerila s tačnim milimetarskim dijeljenjem i nonijusom koji omogućava očitavanje s tačnošću 0,02 mm; mjerni satovi s krajnjim mjerikama, s pomoću kojih se može sastaviti svaka potrebita dimenzija u stepenima od 0,005 mm i s tačnošću očitavanja 0,01 mm; optički mjerni uredaji (v. sl. 145) s tačnošću očitavanja 0,01 mm na prstenu s pomoću kojeg se dvostruka crta optički povećanog mjerila dovodi u takav položaj da u njezin međuprostor uđe crta preciznog mjerila.

Promjeri glavnog bušnog vretena iznose od 63 do 180 mm, promjeri vretena za glodanje od 140 do 280 mm; dubina bušenja se kreće od 280 do 1400 mm, visinski pomak vreteništva i protudržača od 700 do 3000 mm, uzdužni hod stola od 700 do 3000 mm, poprečni od 800 do 4000 mm; najveći promjer izbušivanja iznosi od 560 do 1400 mm, najveći promjer rezne glave od 400 do 1000 mm, okretaji glavnog vretena mijenjaju se od 11,2...2000 o/min do 3,5...180 o/min pri 24 do 36 stepena brzina; brzi hod iznosi od 2000 do 3500 mm/min, posmaci 0,12...12 mm/okr., odnosno od 23...1120 mm/min do 16,6...800 mm/min, zavisno o području brzine okretanja glavnoga vretena; mogu se rezati navoje od 0,25 do 12 mm uspona, odnosno od 2 do 96 navoja na 1"; snaga iznosi od 5,5 kW do 25 kW, težina od 9000 kp do 48 000 kp.

Raznim uredajima za bušenje i glodanje, kao što su učvršćivači i podupirači glavnog bušnog vretena, produljena ležišta glavnog vretena, kutne i obrtne glave za glodanje i uredaji za izvrtavanje koničnih provrta, znatno se mogu proširiti mogućnosti obrade horizontalnim bušilicama-glodalicama.

Koordinatne bušilice su vrlo precizni strojevi za obradu provrta od kojih se traži velika tačnost oblika (cilindričnost, okruglost), položaja (udaljenost osi, okomitost i usporednost osi provrta), izmjere (male tolerancije promjera provrta) i visoki kvalitet obrađene površine.

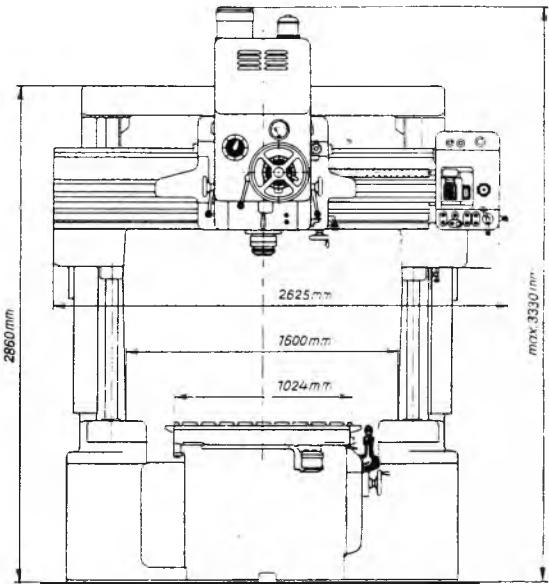
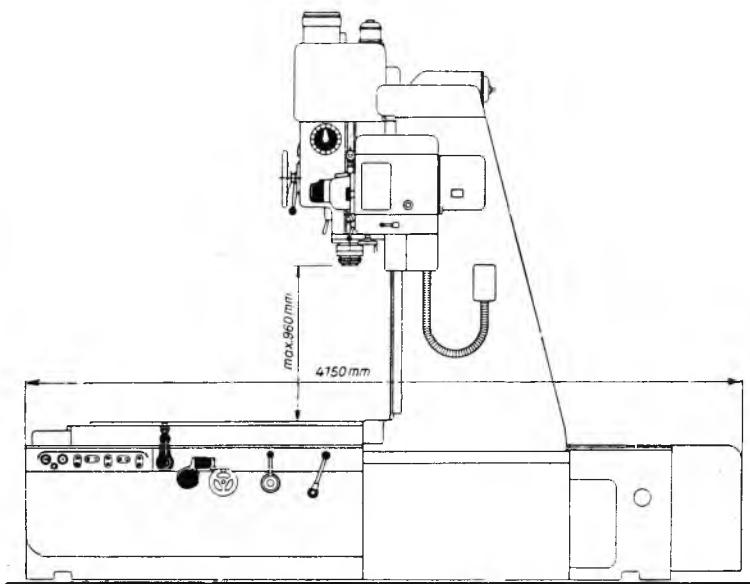


Sl. 59. Glavno bušno vreteno koordinatne bušilice

Koordinatna bušilica (sl. 60) sastoje se od vrlo krutog postolja po čijim vodilicama klizi stabilni i vrlo kruti stol, koji je providjen T-utorima za upinjanje pribora, stega ili samog izratka. Na vertikalnim vodilicama snažnog portala može se premještati horizontalno brvno na čijim je vodilicama učvršćeno vretenište. Tačnost obrade na koordinatnim bušilicama uvjetovana je krutošću portala, brvna, vreteništa, postolja i stola, i velikom tačnošću pomaka i položaja vreteništa, brvna i stola glavnog vretena.

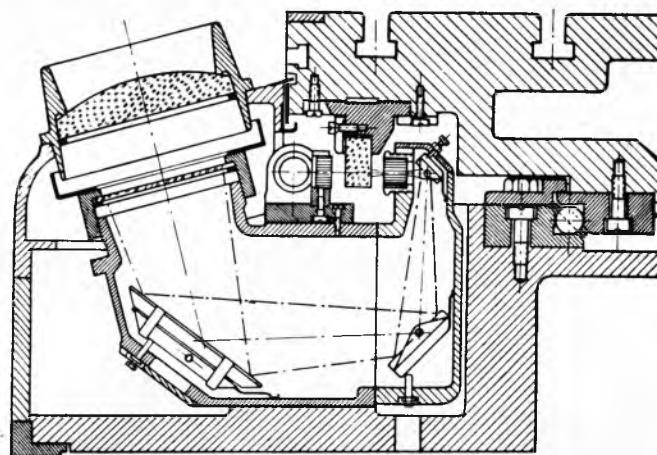
Bitni je element tačnosti kaljeno glavno bušno vreteno (sl. 59) i njegovo uležištenje u kaljenoj pinoli. Izdanak glavnog vretena je uležišten u visini prihvavnog konusa u dvostrukom valjkastom ležaju, čija se radialna zračnost može podešavati. Gornji radialni ležaj je također valjkasti ležaj velike preciznosti. Aksijalne sile glavnog vretena preuzimaju dva aksijalna kuglična ležaja. Svi ležajevi glavnog vretena montiraju se u prednapregnutom stanju i zato se vreteno okreće bez zračnosti. Težina glavnog vretena i pinole uravnute je protutegom ili sistemom opругa. Pinola se može učvrstiti u svakom visinskem položaju dvostrukog dilatiranog konusa. U vreteništu nalazi se višeosovinski zupčani prenosnik koji dozvoljava predbiranje pojedinih brzina okretanja glavnoga vretena. Glavno vreteno stavlja se u rad i zaustavlja se s pomoću dvostrukih lamelnih spojki i lamelne kočnice. Vretenište sadrži i višeosovinski zupčani prigon za posmak glavnog vretena pri bušenju. Posmaci se također mogu predbirati. Radni stol kreće se na kuglicama ili valjčićima koji su vođeni u kaljenim i precizno izbrušenim vodilicama postolja. Vretenište se kreće na kuglicama ili valjčićima vodilica brvna. Vodilice sa kuglicama ili valjčićima omogućuju tačnije pozicioniranje položaja stola na postolju ili vreteništa na brvnu nego klizne vodilice, jer kod vodilica s kuglicama ili valjčićima razlika između sile trenja mirovanja i sile trenja kretanja nije tako velika kao kod kliznih vodilica.

Optički mjerni uredaji omogućuju direktno mjerjenje koordinata (pomaka sto-



Sl. 60. Koordinatna portalna bušilica

la na postolju i vreteništu na brvnu) s pomoću svjetlosne zrake bez upotrebe mehaničkih prijenosnih elemenata. Optički uređaji — koji se sastoje od izvora svjetlosti, vrlo preciznih staklenih dužinskih mjerila, projekcione optike i mreže za očitanje — omogućuju mjerjenje dužina sa tačnošću od 0,001 mm. Staklena dužinska mjerila, koja moraju imati isti koeficijent to-



Sl. 61. Optički mjerni uređaj

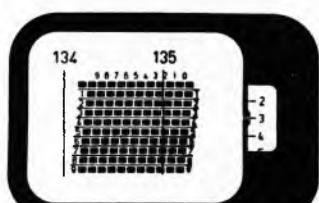
plinskog rastezanja kao i lijevano željezo, montirana su u postolju (odnosno na stolu) za uzdužni hod stola i u brvnu za poprečni hod vreteništa. Milimetarska razdoba na staklenim dužinskim mjerilima izvedena je u najvišem lokalnom i totalnom stupnju tačnosti. Vrlo uske i oštore uredjane razdjelne milimetarske crte projiciraju se (sl. 61) sa $60 \times$ povećanja na mrežu za očitanje (sl. 62). Uvećani milimetar je u prvom redu mreže razdijeljen na 10 dijelova; svaki dio iznosi 0,1 mm. Navedenih 9 paralelnih redova mreže pomaknuti su za 0,01 mm uljevo. Optički uređaj učvršćen je na postolje, a pred njim se pomiče staklene dužinsko mjerilo. Mreža za očitavanje može se ispod povećala uzdužno pomicati prema optičkom uređaju. Veličina uzdužnog pomaka mreže može se očitati na desnoj maloj skali mreže: brojke pokazuju izmjeru u 0,001 mm. Tisućinke milimetara se predbiraju pomakom mreže za očitanje, a zatim se stol dovede u takav položaj da projicirana puna milimetarska crtica upadne u odgovarajuće crno polje prvoga reda mreže, i to tako da prolazi između crnih polja u odgovarajućem narednom redu mreže. Sl. 62 prikazuje položaj stola 135,223 mm u odnosu na os glavnog bušnog vretena.

Veličine stola koordinatnih bušilica kreću se od 400×300 mm do 1500×1000 mm, okretaji vretena od 40 do 2000 o/min, učin bušenja u lijevanom željezu od 15 do 60 mm \varnothing , posmak od 0,025 do 0,3 mm/okr., dubina bušenja iznosi do 400 mm, posmak pri glodanju bestepeno do 300 mm/min, brzi hod stola 2500 mm/min.

Bušilice za duboko bušenje služe za izradu dugih uvrta i provrta u raznim glavnim vretenima, pinolama, puškicama, cijevima itd. Buši se u puni materijal specijalnim svrdlima za duboko bušenje. Horizontalno položeno svrdlo miruje. Izradak stegnut na glavnom vretenu okreće se i izvodi glavno rezno kretanje. Posmak vrši svrdlo. Jakim mlazom sredstva za hlađenje iznosi se strugotina iz dubokog uvrta za vrijeme bušenja.

Bušilice za navoje su specijalne bušilice s pomoću kojih se može u predbušeni uvrt ili provrt narezati navoj specijalnim trozrenim navojnim svrdlima, i to u jednoj radnoj operaciji. Odgovarajućim prenosnim zupčanicima dovode se okretaji bušnog vretena u čvrsti odnos s hodom vretena, zavisno od uspona navoja koji treba urezati u provrt ili uvrt. Nakon uključivanja cijeli se proces urezivanja navoja obavlja automatski.

Vreteno brzim okretajima i hodom prilazi izratku (provrtu ili uvrtu), smanji broj okretaja i hod na onaj koji odgovara uvjetima



Sl. 62. Primjer očitavanja izmjere 135,223 mm

obrade, proreže navoj do određene dubine, obrne smjer okretanja, i ubrzanim okrećanjem i hodom vraća se u početni položaj.

Postoje i bušilice za navoje čiji hod vretena ne određuju prijenosni zupčanici nego navojne patronе. U tom je slučaju za svaki uspon potrebna po jedna patrona. Bušilice za navoje s navojnim patronama mnogo su jednostavnije od bušilica sa zupčanicima. Bušilice mogu rezati navoje do M 16.

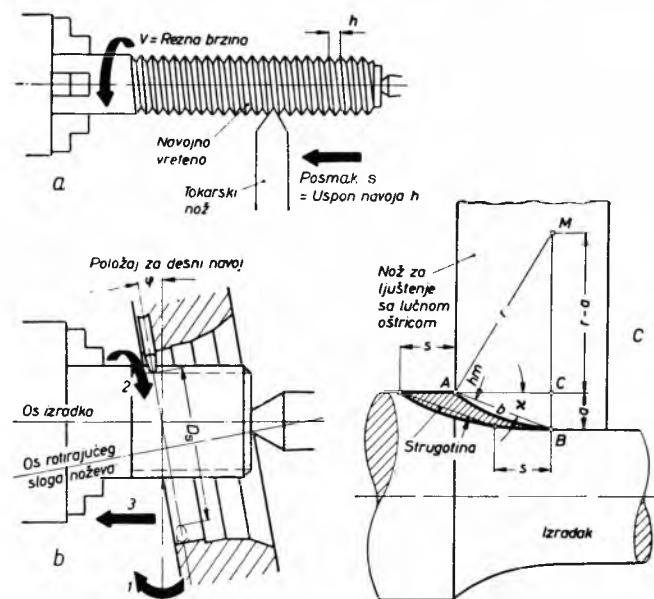
TOKARILICE

Tokarilice su alatni strojevi s pomoću kojih se rezanjem obrađuju i izrađuju dijelovi rotacionog oblika. Tokarenjem mogu se obraditi rotacione plohe s vanjske i unutarnje strane. Osim operacije tokarenja mogu se na tokarilicama vršiti i operacije ljuštenja, istokarivanja, bušenja, izbušivanja, upuštanja, razvrtanja, rezanja vanjskih i unutarnjih navoja, vrtloženja i ljuštenja vanjskih i unutarnjih navoja.

Pri *uzdužnom, poprečnom i koničnom* tokarenju izradak se okreće a oštrica se tokarskog noža posmično kreće pravcem koji je paralelan, okomit ili nagnut prema osi vrtnje izratka. Pri *kuglastom* tokarenju oštrica tokarskog noža kreće se u posmičnom kretanju po kružnici oko osi koja prolazi središtem kugle. Pri *krivuljastom* tokarenju oštrica tokarskog noža slijedi u posmičnom kretanju neku krivulju.

Rezanje navoja je uzdužno tokarenje zavojnog žljeiba određenog oblika profiliranim tokarskim nožem, pri čemu je posmak jednak usponu navoja. Za vrijeme rezanja (tokarenja) navoja rezna oštrica tokarskog noža u stalnom je zahvatu sa bočnom stranom navojne zavojnice (sl. 63a). Broj okretaja glavnoga vretena, a time i rezna brzina, zavisi o broju okretaja navojnog vretena, o usponu navojnog vretena i usponu navoja koji se obrađuje. Ta zavisnost ograničava reznu brzinu, a time i kvalitet obrađenih površina bokova zavojnice.

Vrtloženje navoja je obrada bokova navojnog žljeiba profiliranim tokarskim noževima koji nisu u stalnom zahvatu s bokom, nego je taj zahvat isprekidan u zavisnosti od broja okretaja rotirajućeg sloga tokarskih noževa (sl. 63b). Profilirani tokarski noževi, upeti u šuplju kratku osovinu kroz koju prolazi navojno vreteno koje se obrađuje, okreće se znatno brže nego samo navojno vreteno s izratkom. Ravnina rotirajućeg sloga profiliranih tokarskih noževa nagnuta je za kut usponu navoja φ prema ravnini okomitoj na os navojnog vretena. Vrtloženje se može tretirati i kao postupak glodanja jer rezni noževi nisu u stalnom zahvatu s bokom navoja. Vrtloženjem se mogu rezati vanjski i unutarnji navoji. Pri obradi vanjskih navoja upotrebljava se prstenasti slog,



Sl. 63. Izrada navoja tokarenjem. a rezanje navoja tokarenjem; b vrtloženje vanjskog navoja: 1 rotirajuće rezno kretanje sloga tokarskih noževa, 2 polaganje kružnog kretanja izratka radi izradivanja navoja duž plasta vretena, 3 uzdužni posmak sloga tokarskih noževa jednak usponu navoja; c ljuštenje osovine s lučnom oštricom: a dubina reza, b širina strugotine (tetiva luka), s posmak, r polujmer lučne oštice, hm srednja debljina strugotine, f presjek strugotine Šrafirana površina

a pri obradi unutarnjih navoja vretenasti slog rotirajućih noževa. Rezna brzina nezavisna je od uspona navoja.

Ljuštenje navoja je postupak obrade bokova i nožišta žlijeba navojne zavojnice sličan vrtloženju. Pri ljuštenju navoja prvi nož obrađuje nožište zavojnice, drugi oba boka žlijeba a treći ponovo obrađuje nožište. Noževi za ljuštenje navoja porazmješteni su također u prstenasti slog noževa čija je ravnina kao i pri vrtloženju navoja nagnuta za kut uspona navoja φ prema ravnini okomitoj na os navojnog vretena. Brzina rezanja nezavisna je od uspona. Pri ljuštenju (sl. 63 c) upotrebljava se široki tokarski nož s lučnom oštricom (nož bez vrha ili šiljka) koja završava oštricom paralelnom s osi izratka. Ravn dio oštice je obično duži nego što je upotrebljeni posmak. Ljuštenjem se postiže u jednoj obradi fino obradena površina i uske tolerancije promjera.

Zatokarivanje je posebni postupak tokarenja aksijalno ili navojno užlijebljenog izratka profiliranim tokarskim nožem pri čemu tokarski nož za jednog okretaja izratka izvodi periodično radijalno kretanje u ovisnosti od okretanja izratka. Pri tome ravnina reznih oštice profiliranog tokarskog noža prolazi kroz os okretanja izratka, uslijed čega se u svakom zatokarenom položaju država propisani profil.

Mehanizam glavnog pogona tokarilica sastoji se od višeosovinskog stepenastog prigona sa zupčanicima, koji dozvoljava veliki izbor brzina okretanja glavnog vretena. U glavni prigon ugrađene su dvostrukе lamelne mehaničke ili elektromagnetske spojke i kočnice, kojima se stavlja u pogon i zaustavlja glavno vretneno ili promijeni (reverzira) smjer njegova okretanja. U vreteništu programirane ili automatizirane tokarilice ugrađene su uz svaki prijenosni par zupčanika po jedna elektromagnetska ili hidraulična lamelna spojka, koje omogućavaju da se za vrijeme rada prema potrebi mijenja broj okretaja bez zaustavljanja hoda glavnog vretena. Područje broja okretaja $B = n_z/n$, kreće se od 20 do 200. Manje vrijednosti vrijede za specijalne tokarilice a veće vrijednosti za univerzalne tokarilice.

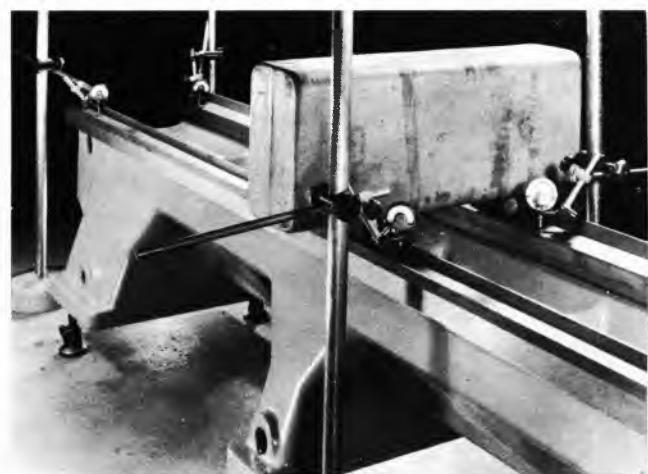
Glavno vretneno. Kvalitet obradene površine izratka zavisi i o kvalitetu uležištenja glavnog vretena i njegovoj statičkoj krutosti na progib $C_B = F/h$, gdje je F progibna sila u sredini između ležajeva, a h progib. Za glavno vretneno tokarilice za finu obradu iznosi C_B najmanje 25 $\text{kp}/\mu \text{m}$ a za univerzalne, produkcione, revolverske tokarilice i automate najmanje 12 $\text{kp}/\mu \text{m}$.

Za finu obradu i visoke brojeve okretaja glavno vretneno ima klizne ležajeve. Glavno vretneno univerzalnih, produkcionih i revolverskih tokarilica i automata uležišteno je u kotrljavajuće ležajeve (konične, valjkaste i dvostruko-valjkaste ležajeve), s kojima se postiže tačnost u okretanju od $2 \mu \text{m}$ do $5 \mu \text{m}$, mjenjeno na slobodno istaknutom trnu.

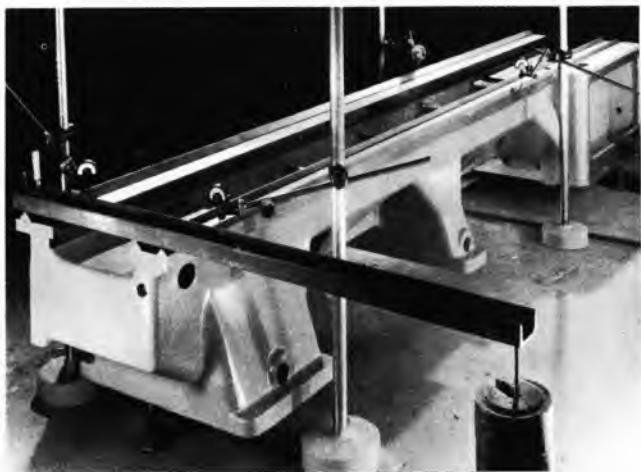
Postelja tokarilice mora, kao i nosila suporta, biti kruta prema savijanju i torziji. Sl. 64 prikazuje mjerjenje progiba postelje. Postelja se postavi na podesive vijke i izravna s pomoću libele. Na oba kraja i u sredini dotiču postelju mjerne ure (1 podjeljak = $1 \mu \text{m}$). Postelja se zatim optereti određenim utegom. Razlika učitanja vanjskih i središnjih mjernih ura daje stvarni progib postelje. Krutost postelje na progib C_B mora biti $\geq 33 \text{ kp}/\mu \text{m}$, a sam progib $\leq 23 \mu \text{m}$. Postelja se ispituje i na uvijanje (sl. 65) tako da se postavi na tri podesiva vijke i najprije izravna. Na onom kraju gdje se nalaze dva podesiva vijka postelja se stegama pričvrsti za pod. Nad trećim podesivim vijkom smjesti se na gornjoj strani postelje poluga koja je jednim svojim krajem pričvršćena na vodilicu postelje. Mjerne ure dodiruju postelju na sva četiri kraja. Poluga se optereti utegom, uslijed čega se postelja uvije. Mjerne ure daju podatke o veličini uvijanja. Krutost postelje na uvijanje C_V mora biti najmanje $0,65 \text{ kpm}/\mu \text{m}$, a $\psi = 192 \mu \text{m}$.

Pogon. Danas tokarilice normalno imaju vlastiti, obično asinhroni trofazni elektromotor. Za pogon se upotrebljavaju motori obične izvedbe s nogama i prirubni motori. Prirubni motor pričvršćen je obično na samo vretenište. Mehaničke oscilacije pogonskog motora prenose se preko glavnog vretena na izradak, čime se povećava hravost obrađene površine. Prirubni motor se ne upotrebljava za pogon tokarilica za vrlo finu i tačnu obradu. Ugradnjom elastičnog prenosnog elementa (elastične spojke) smanjuje se utjecaj oscilacija elektromotora na rad glavnog vretena.

Obični elektromotori s nogama, osobito ako su montirani na nateznici pokraj tokarilice, ne utječu na rad glavnog vretena



Sl. 64. Mjerjenje progiba postelje u vertikalnom smjeru

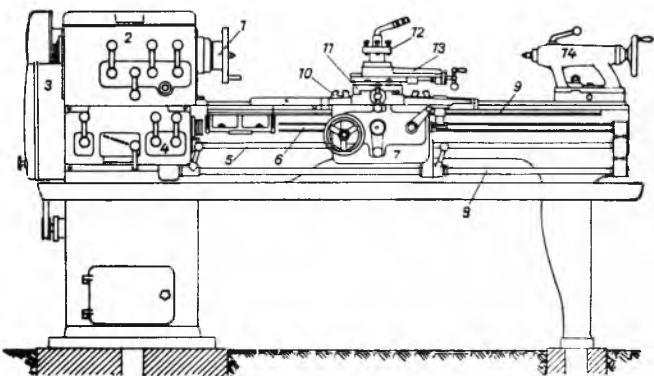


Sl. 65. Mjerjenje uvijanja (torzije) postelje tokarilice

jer je motor vezan za vretenište elastičnim prenosom, primjerice plosnim, klinastim ili nazubljenim elastičnim remenima.

Mehanizam posmičnog prigona tokarilica (sl. 66) sastoji se od mehanizma za obradivanje veličine posmaka (posmičnog kućišta) i mehanizma za izvršenje posmičnog kretanja (ključne ploče). Oba ova mehanizma međusobno su povezana povodnim (navojnim) i posmičnim (vlačnim) vretenima. Mechanizam posmičnog prigona može primiti pogon od glavnog vretena vreteništa preko izmjenljivih zupčanika na škarama (mogu se rezati navoji) ili od posebnog pogonskog elektromotora (ne mogu se rezati navoji).

Mehanizam za određivanje veličine posmaka ili *posmično kućište* sastoji se od višeosovinskog prigona sa zupčanicima. Po-



Sl. 66. Univerzalna tokarilica. 1 glavno vretneno, 2 vretenište, 3 škare, 4 posmično kućište, 5 vlačno vretneno, 6 povodno vretneno, 7 klučna ploča, 8 osovina za ukapčanje, 9 zubna motka, 10 uzdužni suport, 11 poprečni suport, 12 steg reznog alata, 13 gornji suport, 14 jahač

somični prigon tokarilica mora omogućavati određivanje raznih veličina posmaka za uzdužni i poprečni posmak reznog alata, određivanje raznih uspona pri rezanju metričkih, Whitworthovih, modularnih i diametral-pitch navoja. Ti posmični prigoni za rezanje navoja i posmično kretanje raščlanjuju se unutar samoga prigona u: prigone za promjenu vrste navoja, ugradene bilo potpuno u same prigone bilo djelomično ili potpuno na škarama; prigone za određivanje veličine uspona navoja; prigone za umnožavanje, tj. za smanjenje ili povećanje izabranog uspona u cijelobrojnim odnosima (strmi navoje); prigone za promjenu smjera kretanja reznog alata i prigone za uključivanje kretanja vlačnog (posmičnog) vretena ili povodnog (navojnog) vretena.

Ukupni prenosni odnos i_u između okretaja glavnog i povodnog vretena izračunava se iz

$$i_u = h_1/h_2 = G_2/G_1 = z_1 \cdot z_3 \cdot z_5 \dots / z_2 \cdot z_4 \cdot z_6 \dots,$$

gdje je h_1 uspon navoja na izratku, h_2 uspon navoja povodnog vretena, G_1 broj navoja po jedinici dužine na izratku, G_2 broj navoja na jedinicu dužine povodnog vretena, $z_1, z_2, z_3 \dots$ tjerajući zupčanici, $z_4, z_5, z_6 \dots$ tjerani zupčanici koji su uključeni između glavnog vretena i povodnog vretena. Pojedini parovi zupčanika raspoređuju se unutar posmičnog prigona na pojedine prigone. Označi li se sa i_p prenosni odnos prigona za promjenu vrste navoja, sa i_h prenosni odnos za veličinu uspona navoja, sa i_x prenosni odnos za umnožavanje prenosa i sa i_y prenosni odnos prigona pri uključivanju posmaka, bit će ukupni prenosni odnos pri rezanju navoja $i_u = i_p \cdot i_h \cdot i_x \cdot i_y$, odn. pri posmaku $i_u = i_p \cdot i_h \cdot i_z \cdot i_y$. Prigon za promjenu smjera kretanja ima prenosni odnos 1:1. U tablici 5 dani su svi izrazi za izračunavanje prenosnog odnosa i_u pri rezanju metričkih, Whitworthovih i modularnih navoja pomoću povodnog vretena sa metričkim ili colskim navojem.

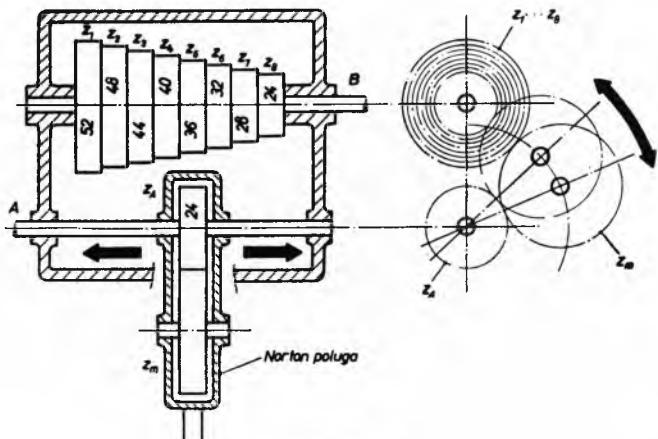
Tablica 5
PRORAČUN UKUPNOG PRENOSNOG ODNOSSA i_u

Zadane vrijednosti		Ukupni prenosni odnos i_u	
Navoj izratka	Navoj povodnog vretena		
Broj navoja na 1'' G_1	Broj navoja na 1''	G_2	G_2/G_1
	Uspon u mm	h_2	$25,4/G_1 h_2 = 127/5 G_1 h_2$
	Uspon u colima	E_2	$1/E_2 G_1$
Uspon u mm h_1	Broj navoja na 1''	G_1	$h_1 G_1 / 25,4 = h_1 G_1 \cdot 5/127$
	Uspon u mm	h_1	h_1/h_2
	Uspon u colima	E_1	$h_1/25,4 E_1 = h_1 \cdot 5/127 E_1$
Modul $m = h_1/\pi$	Broj navoja na 1''	G_2	$m \pi G_2 / 25,4 \approx m G_2 \cdot 157/10 \cdot 127 \approx m G_2 \cdot 47/(4 \cdot 95)$
	Uspon u mm	h_2	$m \pi/h_2 \approx m 157/50 h_2 \approx m(25 \cdot 47)/(h_2 \cdot 22 \cdot 17)$
	Uspon u colima	E_2	$n \pi/25,4 E_2 \approx m \cdot 157/(E_2 \cdot 10 \cdot 127) \approx m \cdot 47/(E_2 \cdot 4 \cdot 95)$
Uspon u colima E_1	Broj navoja na 1''	G_1	$E_1 G_1$
	Uspon u mm	h_2	$E_1 \cdot 25,4/h_2 = 127 \cdot E_1/5 h_2$
	Uspon u colima	E_1	E_1/E_2

U zavisnosti od tražene tačnosti tokarenog navoja i uspona povodnog vretena ugrađuju se pojedini prenosi u posmični prigon.

Za izbor veličine uspona navoja može služiti Nortonov prigon (sl. 67), koji na osovini B ima slog zupčanika raznih brojeva zubi određenog stepenovanja (npr. 52, 48, 44, 40, 36, 32, 28, 24), dok se na osovini A nalazi samo jedan zupčanik (24), koji se može micati duž osovine i zakretanjem Norton-poluge uključiti preko međuzupčanika Z_m u svaki zupčanik osovine B . Kad se kretanje prenosi od osovine A na osovinu B , dobivaju se prenosni odnosi Z_A/Z_1 (24/52), Z_A/Z_2 (24/28) itd., a kod prenosa kretanja od B na A dobivaju se prenosni odnosi Z_1/Z_A (52/24), Z_2/Z_A (48/24), itd. Upotrebljeni smjer kretanja prenosa zavisi od vrste navoja izratka i od vrste navoja povodnog vretena.

Prigoni za umnožavanje grade se kao višestepeni i višeosovinski prigoni sa povratnom spregom ili bez nje. Upotrebljavaju se meander-prigoni (sl. 68), koji imaju na osovinama A i B blokove

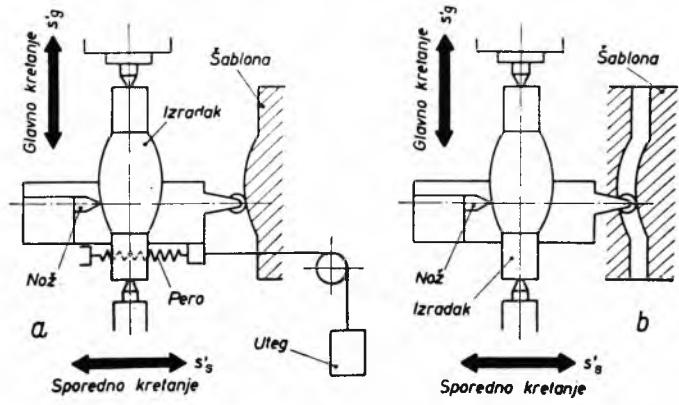


Sl. 67. Nortonov prigon

dvostrukih zupčanika tako poredane jedan do drugoga da kretanje izmjenično prelazi od blokova zupčanika osovine A , na kojoj se svaki blok zupčanika slobodno okreće, na blokove zupčanika osovine B , na kojoj se isto tako slobodno okreće svaki blok zasebice. Samo kretanje se od meander-prigona oduzima sa osovine C zupčanicom koji se uključuje u zupčanike osovine B . Sprežu li se pojedini zupčanici osovine A i B , nastaju naizmjenični prenosni odnosi 1:2, 1:1, 1:2, 1:1, 1:2 itd., tako da zupčanik na osovini C u zavisnosti od sprevega sa zupčanicima osi B ostvaruje prenosne odnose 1:1, 1:2, 1:4, 1:8 i 1:16 na izlaznoj osovini C . Meander-prigoni ne mogu prenosi znatnije momente vrtnje (imaju iste dimenzije zupčanika a velike razlike brzina okretnja) i upotrebljavaju se samo u posmičnim prigonima.

Mehanizam za izvršenje posmičnog kretanja ili *klučna ploča* (v. sl. 66) dobiva pogon od mehanizma za određivanje veličine posmičnog kretanja ili uspona navoja preko povodnog vretena pri rezanju navoja ili preko vlačnog vretena pri tokarenju. Zadača je mehanizma da ostvari mehanički i ručni uzdužni i poprečni posmak, rezanje navoja, međusobno isključivanje posmaka i rezanja navoja, automatsko iskopčavanje posmaka djelovanjem podesivih graničnika na padni puž (tačnost iskopčavanja $\leq 0,01$ mm), automatsko iskopčavanje posmaka u slučaju preopterećenja ili sudara.

Suporti ostvaruju posmično kretanje reznog alata u uzdužnom i poprečnom smjeru. Uzdužni suport povezan s ključnom pločom vodi tokarski nož po uzdužnim vodilicama paralelno sa osi okrećanja glavnog vretena, poprečni suport vođen u vodilicama uzdužnog suporta vodi tokarski nož okomito na os okrećanja glavnog vretena.



Sl. 69. Mehaničko kopiranje: a pritiskom na šablonu, b vodenjem u šabloni

Uređaji za kopiranje. Tokarilice se opremaju različitim uredajima za kopiranje kojima je svrha da djelomično automatiziraju radni proces.

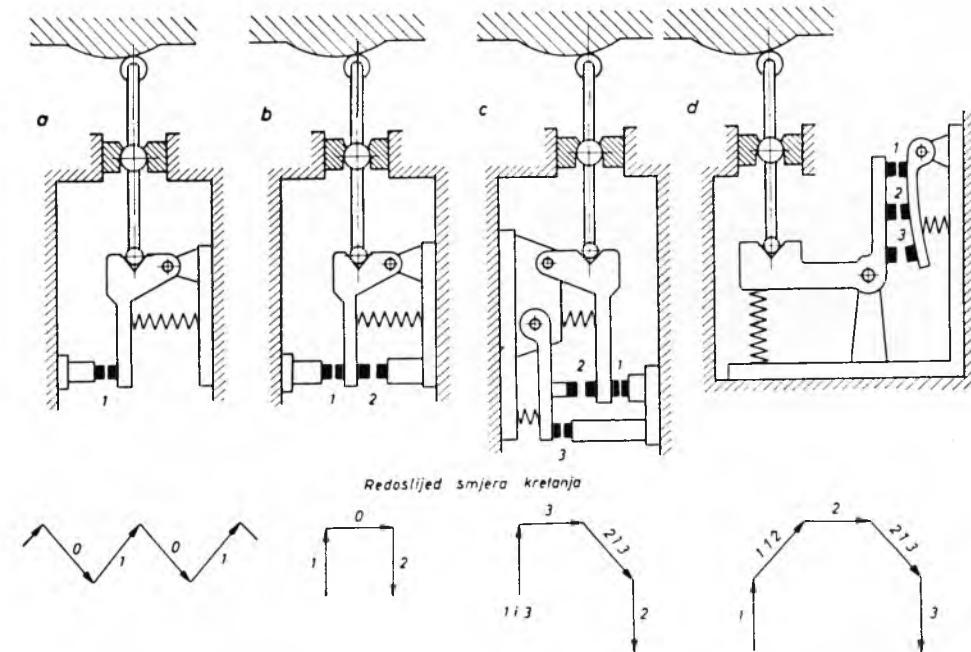
Mehaničko kopiranje pritiskom na šablonu (sl. 69 a). Djelovanjem sile utega ili navojnog pera pritisnuće se poprečni suport zajedno s tokarskim nožem preko malog kola na šablonu. Glavno kretanje izaziva utjecajem šablone potrebno sporedno kretanje.

Mehaničko kopiranje vodenjem u šablone (sl. 69 b). Kolo koje slijedi šablonu vodi se u žlijebu šablone te zato ne treba utega ili opruge.

Električno kopiranje vrši se uključivanjem pogonskih posmičnih elektromotora ili dvostrukih elektrospojki za kretanje reznog alata u dva međusobno okomita smjera: za posmično glavno uzdužno kretanje i za kretanje ticalo prema šabloni. Sila kojom ticalo dodiruje šablonu pri električnom kopiranju nema nikakve neposredne veze s reakcijom tokarskog noža i stoga može ta sila biti vrlo malena (nekoliko ponda). Izvodnica izratka nije glatka linija već stepenasta, zbog stalnog uključivanja i isključivanja pogonskih posmičnih elektromotorova ili spojaka. Oblik stepenica zavisi od broja kontakata ticala i od njihova međusobnog odnosa pri uključivanju.

Ticalo s dva kontaktne položaja (sl. 70 a) radi samo s jednim kontaktom. Uzdužni posmak je kontinuiran i nezavisan od kopirnog uredaja. Uključeni kontakt 1 primiče ticalo k šabloni a isključeni udaljuje ticalo od šablone.

Ticalo s tri kontaktne položaje (sl. 70 b) ima dva kontakta. Kad je uključen kontakt 1, ticalo se primiče šabloni a time i rezni alat prema izratku. Dodirujući šablonu ticalo otvara kontakt 1, čime se isključuje dodirno kretanje a uključuje uzdužno kretanje. Daljim dodirnim kretanjem u smjeru šablone uključuje se kontakt 2, uslijed čega se isključuje prethodno uzdužno kretanje a uključuje povratno posmično kretanje reznog alata. Put reznog alata sastoji se od pojedinih sitnih puteva koji su jedan na drugom okomiti.



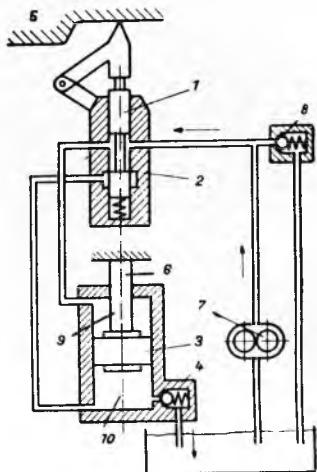
Sl. 70. Elektrokontaktna ticala za: a dva, b tri, c četiri, d pet kontaktnih položaja (isključenje se smatra kontaktnim položajem)

Ticalo sa četiri kontaktne položaje (sl. 70 c) radi s tri kontakta. Pri uključenim kontaktima 1 i 3 ticalo se zajedno s tokarskim nožem primiče šabloni. Daljim napredovanjem prema šabloni otvara se kontakt 1 i zaustavlja se poprečno kretanje, a uključuje se uzdužno kretanje. Naide li ticalo na užvišenje, uključit će se i kontakt 2, uz već prije uključeni kontakt 3, čime se uzdužnom kretanjem tokarskog noža dodaje i poprečno kretanje. Rezni alat se pod izvjesnim nagibom udaljuje od osi izratka. Utiskuje li se ticalo još dublje, otvara se kontakt 3 te ostaje uključen samo kontakt 2, uslijed čega se isključuje uzdužno kretanje a ostaje uključeno samo povratno dodirno kretanje.

Ticalo s pet kontaktne položaja (sl. 70 d) ima tri kontakta. Kad je uključen kontakt 1, ticalo i rezni nož izvode poprečno dodirno kretanje prema šabloni. Dodirom ticala sa šablonom uključuje se i kontakt 2, i time se uz uključeno dodirno kretanje uključi i uzdužno kretanje. Put tokarskog noža je nagnut prema izratku. Daljim napredovanjem ticala isključuje se kontakt 1, čime se isključuje dodirno kretanje i ostaje pri uključenom kontaktu 2 samo uzdužno kretanje. Napredujući dalje ticalo će uključiti kontakt 3, uslijed čega se uključuje i povratno dodirno kretanje. Tokarski nož se pod izvjesnim kutom udaljuje od izratka. Ako ticalo još dalje napreduje, ostat će uključen jedino kontakt 3, i ticalo će vršiti samo povratno dodirno kretanje.

S pomoću opisanih ticala može se elektromagnetski upravljati i hidrauličnim i pneumatskim kopirnim uredajima.

Hidraulični kopirni uredaji. Hidraulične kopirne uredaje s jednobridnom regulacijom (sl. 71) karakterizira zatvoreni kružni tok kroz oba prostora (9 i 10) cilindra. Diferencijalni radni klip 3 mora imati različito velike pritisne plohe, što se postiže odgovarajućim dimenzioniranjem klipne motke 6. Pumpa 7, koja se obično izvodi kao vijčana pumpa, potiskuje ulje pod pritiskom p_0 u manji prostor 9 radnog cilindra, jer je jednobridna regulacija 2 ticala zatvorena uslijed potiska navojnog pera. Cilindar se zajedno s ticalom 1 i s tokarskim nožem primiče šabloni 5 i izratku. Pri tome ulje iz većeg prostora cilindra 10 otjeće preko povratnog ventila 5 u spremište ulja. Dotakne li ticalo šablonu 5, otvor se brid 2 ticala pa ulje ulazi i u veći prostor cilindra. Brid ticala otvorit će se samo toliko koliko je potrebno da se razlikom pritisaka u oba prostora cilindra ostvari mirovanje samoga cilindra. Naide li ticalo pri uzdužnom hodu na užvišenje šablone, otvor regulacionog brida 2 će se povećati, pritisak p_{10} će se također povećati i sile F_{10} na veću plohu klipa A_{10} , odnosno čeonu plohu cilindra 10, postat će veća od sile F_0 na manju plohu klipa A_0 . Cilindar zajedno s tokarskim nožem udaljavat će se od šablone i izratka dok ne dođe u novi ravnotežni položaj. Naide li ticalo na udubinu šablone, regulacioni brid 2 ticala zatvorit će svaki dotok ulja u veći prostor cilindra i djelovanjem sile F_0 cilindar zajedno



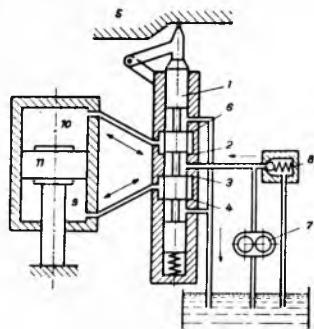
Sl. 71. Hidrokopirni uredaj s jednobridnom regulacijom

s tokarskim nožem približavat će se šabloni i izratku. Prilikom regulacije ticalo spaja dakle oba prostora cilindra i tok ulja ima uvijek isti smjer. Hodom cilindra upravlja razlika pritisaka p_0 i p_{10} koja nastaje djelovanjem regulacionog brida 2 ticala. Za vrijeme kopiranja taj regulacioni brid je stalno u manjoj ili većoj mjeri otvoren. Greška kopiranja uslijed djelovanja graničnog sloja (razlika između oblika šablone i oblika izratka) minimalna je, jer ulje stalno protjeće kroz regulacioni brid 2 ticala i time stvara razliku pritisaka. Granični sloj je sloj ulja debljine nekoliko stotinka milimetra i nastaje u tankom prstenastom zazoru ticala. Kad je zazor istog reda veličine kao debljina graničnog sloja, ne postoji

proporcionalnost između veličine zazora i protoka ulja, te tako dolazi do greške u kopiranju. Izvodnica je kopiranog izratka kontinuirana.

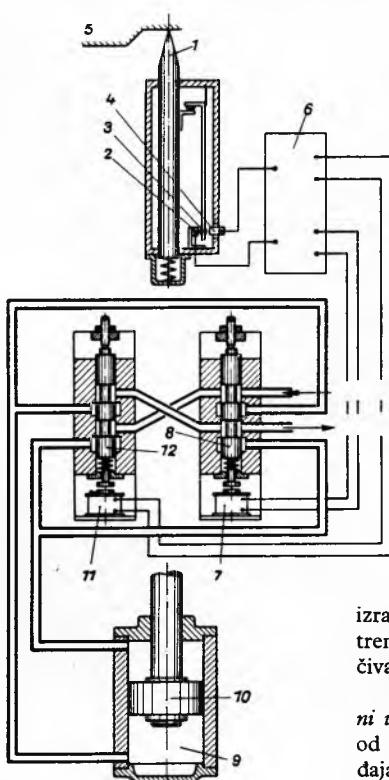
Hidraulični kopirni uređaji s trobridnom i višebridnom regulacijom (sl. 72) karakterizirani su time što se ova prostora radnog cilindra naizmjenično pune i prazne pritisnim uljem. Razlika veličine potisnih ploha klipa ne utječe na rad ovog kopirnog sistema. Dok ticalo 1 ne dotiče šablonu, otvoren je gornji regulacioni brid 2 i povratni brid 4. Pritisno ulje ulazi preko regulacionog brida 2 ticala u veći prostor 10 radnog cilindra, koji se uslijed toga zajedno s ticalom i tokarskim nožem približava šablioni. Preko povratnog brida 4 otjeće ulje iz manjeg prostora 9 cilindra u spremište ulja. Kad se ticalo dotakne šabalone, zatvaraju se regulacioni brid 2 i povratni brid 4, i kretanje cilindra, ticala i tokarskog noža se zaustavlja. Naide li ticalo na udubinu šabalone, ponovo se otvaraju regulacioni brid 2 i povratni brid 4. Cilindar s ticalom i tokarskim nožem približava se šablioni sve dok se ne postigne ravnotežni položaj. Kad ticalo naide na uspon šabalone, otvaraju se regulacioni brid 3 i povratni brid 5, i pritisno ulje ulazi u manji prostor 9 cilindra a istjeće iz većeg prostora 10. Cilindar se udaljuje od šabalone i izratka dok ponovo ne dode u položaj mirovanja kad su svi regulacioni i povratni bridovi zatvoreni. U ovom sistemu granični sloj također uzrokuje greške pri kopiranju kao i u jednobridnom sistemu.

Električno-hidraulični kopirni uređaji (sl. 73) služe se električnim ticalima koji upravljaju hidrauličnim sistemom za pokretanje tokarskog noža. Dok električno ticalo 1 ne dotiče šablonu 5, uključeni su kontakti 2 i 3. Uključena slaba struja pojačava se u pojačalu 6 i dovodi u magnet 7, koji privuče razvodnik 8 i nategne povratno navojno pero. Trenutno se u razvodniku 8 otvore prstenasti prolazi i pritisno ulje ulazi u veći prostor cilindra 9. Klip 10 zajedno s tokarskim nožem i električnim ticalom 1 približava se šablioni, a ulje se iz manjeg prostora cilindra preko razvodnika 8 izlijeva u spremište ulja. Kad ticalo dotakne šablonu 5, razdvoje se kontakti 2 i 3, i magnet 7 momentano otpusti razvodnik, uslijed čega se prekine tok ulja i prestaje kretanje klipa



Sl. 72. Hidraulični kopirni uređaj s dvobridnom i višebridnom regulacijom

i tokarskog noža. Naide li električno ticalo na uspon šabalone, uključe se kontakti 2 i 4 i pojačana struja trenutno aktivira magnet 11 i razvodnik 12. Pritisno ulje ulazi u manji prostor 13 cilindra pa se klip 10 i tokarski nož zajedno s ticalom udaljuju od izratka i od šabalone. Ulje iz većeg prostora 9 cilindra otjeće u spremište ulja. Kad ticalo naide na udubinu, ponavlja se gibanje u smjeru šabline posredstvom razvodnika. Razvodnici ne reguliraju količinu ulja, već samo trenutno sasvim otvore svoj prolaz ili ga trenutno zatvore. Količina ulja koja prolazi preko razvodnika određuje duljinu puta klipa, odnosno tokarskog noža. Dje-lovanje graničnog sloja je isključeno jer kopirni uređaj radi uvek s punim otvorom prstena-stog zazora. Izvodnica izratka je stepenasta zbog stalnog trenutnog uključivanja i isključivanja punog dotoka ulja.

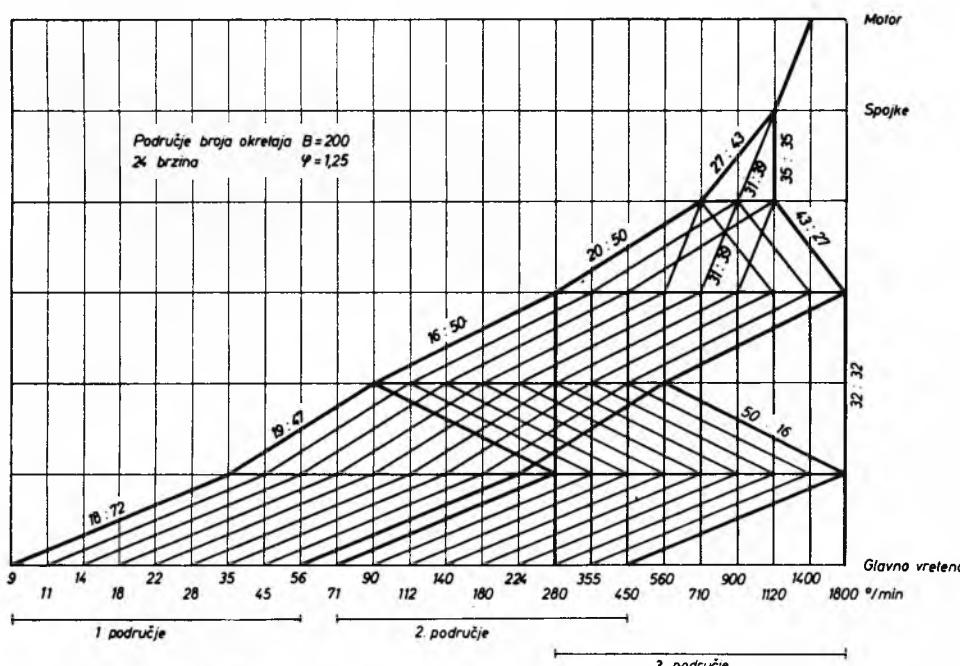


Sl. 73. Električno-hidraulični kopirni uređaj

Električno-pneumatski kopirni uređaji ne razlikuju se bitno od električno-hidrauličnih uređaja. Magnetski ventili upravljaju zgušnutim uzduhom koji djeluje na pneumatske spojke vezane za mehaničke prenose.

Univerzalne tokarilice (v. sl. 66 i prilog) služe za uzdužno, poprečno i stožasto tokarenje, rezanje navoja, bušenje s križnim suportom ili jahačem, urezivanje i odrezivanje, poliranje itd., a pomoću dodatnih uređaja u užem obimu i za glodanje i brušenje izradaka raznih promjera i duljina. Ovim zahtjevima može univerzalna tokarilica udovoljavati samo ako ima dovoljno snažan pogonski elektromotor, kruto glavno vreteno i krutu postelju sa dovoljno dimenzioniranim vodilicama (kaljenim ili nekaljenim) za vodenje uzdužnog suporta, solidno voden poprečni suport sa gornjim suportom i prihvatom tokarskih noževa, stabilan jahač, velik izbor brojeva okretaja glavnog vretena, velik izbor posmaka u uzdužnom i poprečnom smjeru i dovoljan izbor uspona pri rezanju navoja.

Vretenište (v. prilog) prima pogon od pogonskog elektromotora preko osovine dvostrukih lamelnih spojki. Pogon na glavno vreteno prenosi se zupčanicima. U vreteništu ugradena je lamelna kočnica koja omogućuje brzo zaustavljanje glavnog vretena. Ugradena pumpa podmazuje glavne ležajeve vretena, ležajeve ostalih osovina i zupčanike uljem koje siše preko lamelnog prečistača. Slika u prilogu prikazuje posmični prigon s pomoću kojeg se mogu podešavati razni posmaci u uzdužnom i poprečnom smjeru i birati različiti usponi za rezanje navoja.



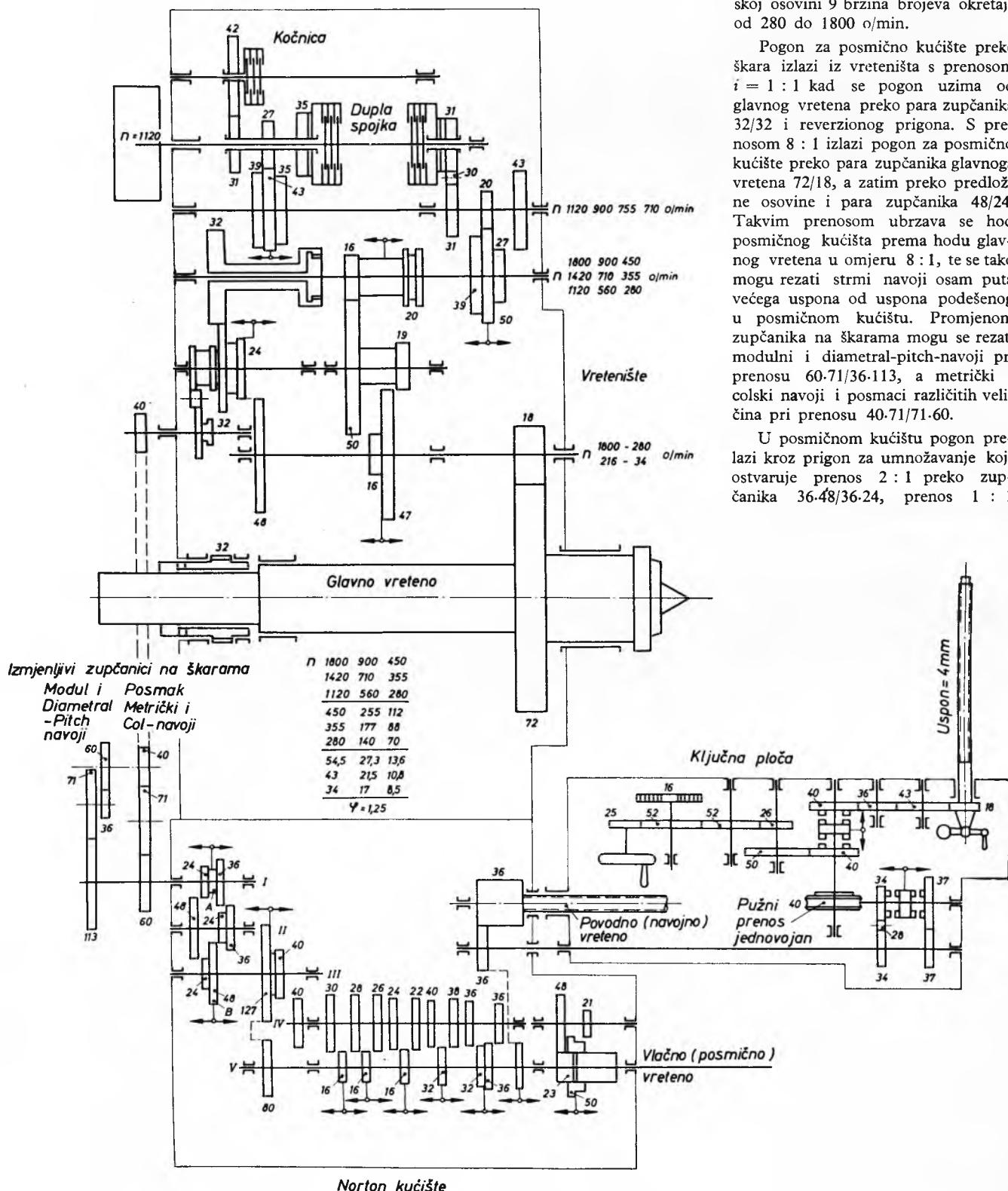
Sl. 74. Dijagram brzina vreteništa univerzalne tokarilice

Sl. 74 prikazuje dijagram brzina vreteništa a sl. 75 kinematičku shemu univerzalne tokarilice. Vretenište ima 24 brzine okretanja, od 9 do 1800 o/min, u 3 područja, sa stepenastim skokom $\varphi = 1,25$ u području broja okretaja $B = 200$. Pogonska remenica dobiva pogon preko plosnog remena od pogonskog elektromotora, okreće se sa 1120 o/min i goni dvostruku lamelnu spojku pomoću koje se uključuje, isključuje i reverzira pogon glavnog vretena. Preko sloga zupčanika 31/42 vezana je na osovinu spojke posebna kočnica. U prvom području

broja okretaja od 9 do 56 o/min glavno vreteno prima pogon preko svog prvog para zupčanika 18/72 ($i = 1 : 4$), a predložna je osovina spregnuta s prvom pogonskom osovinom preko para zupčanika 17/47. U drugom području broja okretaja od 71 do 450 o/min glavno vreteno prima pogon preko para 17/72, a predložna je osovina vezana na drugu pogonsku osovinu preko spregnutih zupčanika 16-50/50-16. U trećem području od 280 do 1800 o/min glavno vreteno spregnuto je sa drugom pogonskom osovinom preko zupčanika 32/32/32. Od osovine spojke preko dva trobrzinska prenosa ostvaruje se na drugoj pogonskoj osovinu 9 brzina brojeva okretaja od 280 do 1800 o/min.

Pogon za posmično kućište preko škara izlazi iz vreteništa s prenosom $i = 1 : 1$ kad se pogon uzima od glavnog vretena preko para zupčanika 32/32 i reverzionog prigona. S prenosom $8 : 1$ izlazi pogon za posmično kućište preko para zupčanika glavnoga vretena 72/18, a zatim preko predložne osovine i para zupčanika 48/24. Takvim prenosom ubrzava se hod posmičnog kućišta prema hodu glavnog vretena u omjeru $8 : 1$, te se tako mogu rezati strmi navoji osam puta većega uspona od uspona podešenog u posmičnom kućištu. Promjenom zupčanika na škarama mogu se rezati modulni i diametral-pitch-navoji pri prenosu 60-71/36-113, a metrički i colski navoji i posmaci različitih velicina pri prenosu 40-71/71-60.

U posmičnom kućištu pogon prelazi kroz prigon za umnožavanje koji ostvaruje prenos $2 : 1$ preko zupčanika 36-48/36-24, prenos $1 : 1$



Norton kućište

Sl. 75. Kinematička shema jedne univerzalne tokarilice

preko 24·48/48·24, prenos 1 : 2 preko 36·24/36·48 i prenos 1 : 4 preko 24·24/48·48. Nastavlja se prigon za promjenu vrste navoja: preko para zupčanika 127/80 režu se colski navoji i diametal-pitch-navoji, a preko para zupčanika 40/40 metrički i modulni navoji. Nadovezuje se prigon za određivanje veličine uspona navoja u odnosima od 30/16 do 36/36, odnosno od 16/30

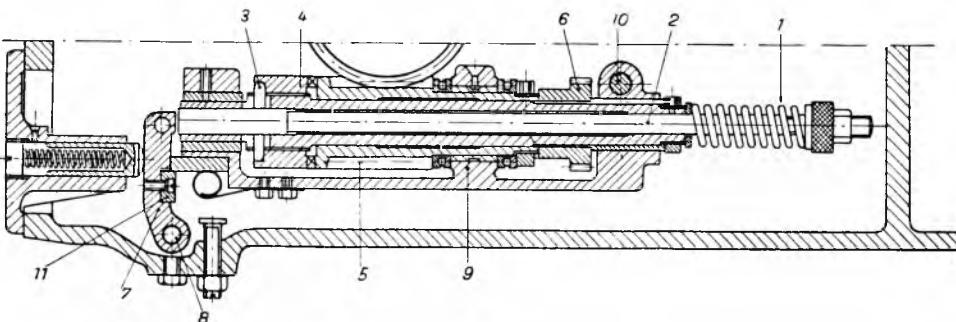
Tablica 6

NORMALNI NAVOJI KOJI SE MOGU REZATI NAVOJNIM PRIGONOM
PREMA sl. 75

Prenosi	Metrički navozi Uspon h u mm				Modulni navozi Modul m u mm			
Škare	40/60 = 0,666...				60·71/(36·113) = 1,047197			
Unutar prigona	40/40 = 1				40/40 = 1			
Navojni prigon	15	7,5	3,75	1,75	7,5	3,75	1,75	
30/16	14	7	3,5		7	3,5		
28/16	13	6,5	3,25		6,5	3,25		
24/16	12	6	3	1,5	6	3	1,5	0,75
22/16	11	5,5	2,75		5,5	2,75		
40/32	10	5	2,5	1,25	5	2,5	1,25	
38/32								
36/32	9	4,5	2,25		4,5	2,25		
36/36	8	4	2	1	4	2	1	0,5
Prigon umnoška	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 4	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 4
Navojni prigon								
16/30	3,75	7,5	15	30	7	14	28	56
16/28	3,75	7	14	28	13	26	52	
16/26	3,25	6,5	13	26	6,5	12	24	
16/24	3	6	12	24	6	12	24	48
16/22	2,75	5,5	11	22	5,5	11	22	44
32/40	2,5	5	10	20	5	10	20	40
32/38								
32/36	2,25	4,5	9	18	4,5	9	18	36
36/36	2	4	8	16	4	8	16	32
Unutar prigona	127/80 = 1,5875				127/80 = 1,5875			
Škare	40/60 = 0,666...				60·71/(36·113) = 1,047197			
Prenosi	Navozi na 1'' (Broj navoja na 1 col) 1'' = 25,4 mm		Diametal-pitch- navozi Dp Modul $m = 25,4/Dp$					
Uspon povodnog vretena $h = 6$ mm; $\pi = 3,141593$								

do 36/36, a zatim dolazi prigon za uključivanje povodnog vretena uspona 6 mm, odnosno vlačnog vretena, koji omogućuje prelaz na vlačno vreteno u odnosu 1 : 1 i u odnosu 23·31/48·50, u kojem slučaju se smanjuju posmaci u odnosu $i \approx 1 : 5$. U tablici 6 navedeni su svi metrički, modularni, diametal-pitch- i colski navozi koji se mogu rezati sa posmičnim kućištem.

Ključna ploča vezana je za posmično kućište preko povodnog vretena u slučaju rezanja navoja. Rasklopna matica ugradena je u ključnoj ploči; kad je uključena, obuhvaća povodno vreteno i uspostavlja vezu između posmičnog kućišta i ključne ploče.



Sl. 76. Padni puž ključne ploče

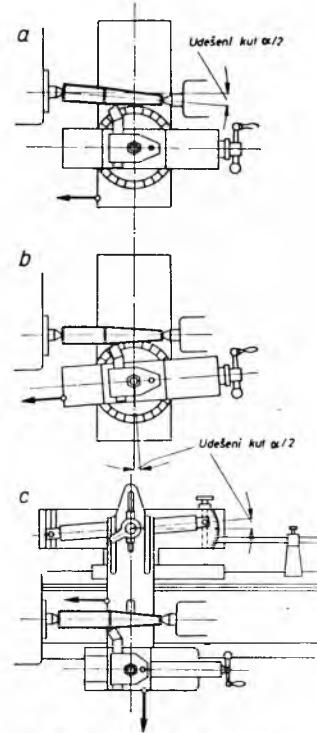
Pri tokarenju uspostavlja se veza između posmičnog kućišta i ključne ploče vlačnim vretenom koje ulazi u ključnu ploču. Preko reverzionog prigona 37/37 i 34·38/28·34 i preko padnog dvojnovog pužnog prenosa i prenosa zupčanika 40·26·26/50·52·52 dobiva pogon zupčanik 16 koji zahvaća zubnu motku i time ostvaruje uzdužni posmak. Poprečni posmak dobiva se također preko padnog puža i prenosa 40·36·43/36·43·18 na poprečno vreteno uspona 4 mm na kojem se nalazi ručica za ručni pomak poprečnog suporta. Ručni uzdužni pomak uzdužnog suporta ostvaruje se ručnim kolom koje je vezano za zupčanik 16 zubne motke preko prenosa 25/52. U ključnu ploču ugrađen je mehanizam kojim se u slučaju preopterećenja isključuje zahvat između padnoga puža i pužnog kola i time isključuje posmak. S pomoću posebne brave onemogućeno je istovremeno uključivanje rasklopne matice za rezanje navoja i padnoga puža za tokarenje.

Mehanizam padnoga puža prikazan je na sl. 76. Padni puž 5 uležišten je u kućište padnoga puža 9, koji se može zaokretati oko osovine 10. Puž prima pogon preko zupčanika 6 kroz šuplju osovinu na kojoj se nalazi aksijalno pomična čeljusna spojka sa obostrano zakošenim zubima koji zahvaćaju u isto takve zube padnog puža 5. Svornjak 3 preko vlačne motke 2 i navojnog pera 1, čija se pritisna sila može podešavati maticom, stalno vezuje čeljusnu spojku 4 s pužem 5. Kućište padnoga puža 6 podržava u položaju sprege puž-pužno kolo brava 7 koja se može zaokretati oko osovine 8. Na bravi 7 nalazi se kaljena pločica 11 na koju se podupire kućište padnoga puža 6. Padni puž se ručno isključuje ručnom polugom koja otvara bravu. Istom polugom podiže se kućište padnoga puža, koji se odmah spreže s pužnim kolom. Tako se uključuje posmak. Padni puž štiti cijeli mehanizam posmaka od preopterećenja. U slučaju preopterećenja u posmičnom mehanizmu ili sudaru, pužno kolo i puž ne mogu se dalje okretati. Moment vrtnje koji i dalje djeluje na zupčanik 6 okreće šuplju osovinu i čeljusnu spojku 4 koja se aksijalno pomiče ulijevo uslijed toga što kosine čeljusnih zubi puža 5 sad miruju. Aksijalni pomak spojke prelazi na svornjak 3 i na motku 2, koja time otvara bravu 7 te se kućište padnoga puža naglo spusti. Padom puža prekinuta je sprega s pužnim kolom, a time je prekinut i prije uključeni posmak. Udešavanjem pritisne sile navojnog pera 1 udešava se i prenosni moment vrtnje.

Pri tokarenju vitkih konusa (sl. 77 a) pomakne se gornji dio jahača u poprečnom smjeru s pomoću protustegnutih vijaka. Pomicanjem šiljka jahača izvodnica stoča dolazi u paralelni položaj s vodilicama uzdužnog suporta. Potrebni poprečni pomak šiljka P izračunava se iz

$$P = L \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Konusi se mogu tokariti (sl. 77 b) također zaokretanjem zaokretnog gornjeg suporta za kut $\frac{1}{2}\alpha$. Posmak gornjeg suporta manjih tokarilica je ručni a većih mehanički. Konusi do $\frac{1}{2}\alpha \approx 10^\circ$ mogu se tokariti s pomoću konusnog lineala (sl. 77 c i sl. 78). Produceno navojo



Sl. 77. Uredaji za tokarenje konusa

vreteno poprečnog suporta uležišteno je aksijalno u zaokretnoj saonici konusnog lineala, koji se s pomoću podesivog vijka može zaokrenuti za određeni kut $\frac{1}{2}\alpha$ prema smjeru uzdužnih vodilica postelja. Kad se uključi uzdužni hod suporta, poprečni suport će kretati u poprečnom smjeru u zavisnosti od nagiba konusnog lineala.

Univerzalne tokarilice opremanju se i uređajima za kopiranje (sl. 78). Prevladavaju hidraulični uređaji za kopiranje, obično



Sl. 78. Hidraulični kopirni uređaj

s jednobridnom regulacijom (v. sl. 71), koji zaokretanjem cijelog uređaja mogu kopirati uzdužno i poprečno. Na univerzalnim tokarilicama takav kopirni uređaj je obično smješten na stražnjoj strani poprečnog suporta. Tada je moguća istovremena obrada izratka tokarskim nožem upetim u gornjem suportu i nožem upetim u prihvatu alata hidrauličnog kopirnog uređaja. Držać šablone pričvršćen je na stražnjoj strani postelje tokarilice. Ticalo dotiče s vanjske strane limenu šablonu koja po obliku i izmjerama odgovara izvodnici rotacionog dijela izratka. Namjesto šablone može se upotrijebiti i već istokareni izradak, koji se upinje između šiljaka malih jahača držača šablone. Kad se takav izradak-šablon potpuno sinhrono okreće sa glavnim vretenom, mogu se kopirati i izraci koji nisu rotacionog oblika (grebenaste osovine, modeli). Pogonski hidraulični agregat kopirnog uređaja prigraduje se na sam uzdužni suport ili se smješta pored tokarilice.

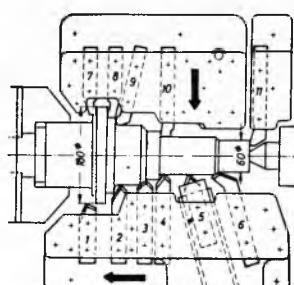
Izraci se upinju: između šiljaka glavnog vretena i jahača (okretanje se prenosi sa glavnog vretena na izradak preko tokarskog srca i povodne ploče učvršćene na izdanak glavnog vretena), u dvo-, tro- ili četveročeljusne zahvatne glave s izmjenljivim tvrdim i mekanim čeljustima; na četveročeljusnim planskim pločama, u specijalne stezne naprave; u tro- ili četveročeljusne hidraulične, pneumatske ili električne stezne zahvatne glave; u stezne čahure. Dugi i vitki izraci moraju se za vrijeme tokarenja podupirati kako bi se izbjeglo njihovo savijanje pod utjecajem reznih sila. Dvo- ili tročeljusnom pomicnom linetom učvršćenom na uzdužnom suportu podupire se izradak u području zahvata tokarskog noža. Čvrstim tročeljusnim linetama učvršćenima na vodilicama postelje podupire se izradak na izvjesnim mjestima kako bi se izbjeglo da progib uslijed vlastite težine izratka utječe na tokarenje.

Visina šiljaka univerzalnih tokarilica (visina nad vodilicama postelje) standardizirana je normnim brojevima i slijedi red R 10 u izmjerama 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400 i 500 mm. Uzdužni posmaci se kreću od 0,05 do 3 mm/okr., a poprečni od 0,025 do 1,5 mm/okr. Na univerzalnim tokarilicama mogu se rezati različite vrste navoja (metrički, modulni, colski, diametral-pitch) sa ~ 100 različitih uspona. Brojevi okretaja glavnog vretena brzohodnih tokarilica dosežu 3000 o/min i više, a sporohodnih 1400 o/min. Područje okretaja $B = 20 \dots 200$ razdijeljeno je na 9, 12, 18 ili 24 raznih brzina okretanja glavnog vretena. Snaga pogonskog elektromotora varira od 1 do 30 kW.

Producione tokarilice. Pri obradi manjih i srednjih serija izradaka upotrebljavaju se producione tokarilice, koje za razliku

od razmjerno skupih univerzalnih tokarilica nemaju povodnog vretena i prema tome ne mogu rezati navoj, ali imaju znatno veću instaliranu snagu pogonskog elektromotora. Producione tokarilice su vrlo krute i vodilice postelje su obično plameno ili induktivno kajljene, što osigurava tačnost obradjenih izradaka. Zbog traženog velikog učinka skidanja strugotine producione tokarilice imaju vrlo kruta glavna vretena s velikim provrtom, krute glavne ležajeve, snažne pinole jahača s ugradenim zaokretnim šiljkom. Snažno vlačno vreteno vezano je za posmično kućište koje raspolaze dovoljnim izborom brzina uzdužnih i poprečnih posmaka. Izbor broja okretaja glavnog vretena i izbor veličine posmaka u uzdužnom i poprečnom smjeru vrši se predbiranjem. Velike producione tokarilice snabdijevane su u vreteništu prigonima koji omogućuju promjenu broja okretaja glavnog vretena pod punim opterećenjem. One imaju u vreteništu cio niz mehaničkih, hidrauličnih ili elektromagnetskih spojki koje dozvoljavaju isključivanje jednog para zupčanika i istovremeno uključivanje drugog para pod teretom. Ciklus rada producionalnih tokarilica je polu-automatski. Brojevi okretaja glavnoga vretena i hodovi suporta programiraju se s pomoću podesivih čvrstih graničnika ili graničnih sklopki. Korištenje pneumatskim ili hidrauličnim višečeljusnim zahvatnim glavama i pneumatskim ili hidrauličnim jahačima znatno skraćuje vrijeme izvedbe. Sl. 79 prikazuje kompletну obradu prirubnog ležaja u dva zahvata. U prvom zahvatu tokari se sa dva noža u prednjem suportu, a jednim nožem u stražnjem ureznom suportu tokari se kosina. U drugom zahvatu se sa tri noža tokari druga strana prirubnog ležaja, a s pomoću urezognog suporta tokari se urez.

Višerezne tokarilice, varijacija producionalnih tokarilica, imaju u pravilu na prednjoj strani postelje široki uzdužni suport s prihvatom za veći broj tokarskih noževa za uzdužno tokarenje, a na stražnjoj strani postelje, odvojeno od uzdužnoga, poprečni suport s prihvatom za veći broj noževa za poprečno tokarenje ili urezivanje (sl. 80). Višerezne tokarilice nemaju povodnog vretena i na njima se ne mogu rezati navoji. Izradak se obrađuje u jednom zahvatu istovremeno s više tokarskih noževa uzdužno i poprečno. Svaki tokarski nož obrađuje samo određenu duljinu na izratku, iako je duljina hoda za sve tokarske noževe uzdužnog, odnosno poprečnog suporta ista. Višerezne tokarilice upotrebljavaju se često pri obradi izradaka u masovnoj proizvodnji. Vrlo kruta konstrukcija višereznih tokarilica dopušta upotrebu tokarskih noževa s pločicama od tvrdog metala. Višerezne tokarilice se upotrebljavaju za vanjsku obradu izradaka razmjerno jednostavnog oblika. Srednja rezna brzina određena je najvećim i najmanjim promjerom izratka. Fino stepenovanje izbor srednje rezne brzine nije neophodno potreban, ali izbor posmaka mora biti fino stepenovan. Poprečni i uzdužni posmak jedan je od drugog nezavisan. Pri obradi moraju se izradak i rezne oštice tokarskih noževa vrlo obilno hladiti sredstvima za hlađenje. Podešavanje i razmještanje noževa u prihvatinama uzdužnog i poprečnog suporta vrlo je jednostavno jer za pripremu može poslužiti maticni stvarni izradak. Tada se isplaćuje podešavanje i kod manjih serija. U slučaju povremene proizvodnje određenih izradaka u velikim količinama mijenjaju se kompletne prihvati s već podešenim tokarskim noževima. Višerezne tokarilice



Sl. 80. Obrada prirubne osovine na višereznoj tokarilici

višerezne tokarilice upotrebljavaju se često pri obradi izradaka u masovnoj proizvodnji. Vrlo kruta konstrukcija višereznih tokarilica dopušta upotrebu tokarskih noževa s pločicama od tvrdog metala. Višerezne tokarilice se upotrebljavaju za vanjsku obradu izradaka razmjerno jednostavnog oblika. Srednja rezna brzina određena je najvećim i najmanjim promjerom izratka. Fino stepenovanje izbor srednje rezne brzine nije neophodno potreban, ali izbor posmaka mora biti fino stepenovan. Poprečni i uzdužni posmak jedan je od drugog nezavisan. Pri obradi moraju se izradak i rezne oštice tokarskih noževa vrlo obilno hladiti sredstvima za hlađenje. Podešavanje i razmještanje noževa u prihvatinama uzdužnog i poprečnog suporta vrlo je jednostavno jer za pripremu može poslužiti maticni stvarni izradak. Tada se isplaćuje podešavanje i kod manjih serija. U slučaju povremene proizvodnje određenih izradaka u velikim količinama mijenjaju se kompletne prihvati s već podešenim tokarskim noževima. Višerezne tokarilice

opremaju se i uredajima za kopiranje. Ugradnjom uredaja za mehaničko kopiranje u prihvati nekih noževa mogu se obraditi i konusni dijelovi izratka. Ugradju se i hidraulični kopirni uredaji, i to na prednjoj strani postelje. Već prema duljini izratka upotrebljavaju se i po dva kopirna uredaja. Poprečni suport sa nizom noževa urezuje potrebne ureze i obraduje one čone plohe izratka koje kopirni uredaji ne mogu obraditi. Istovremena obrada kopirnim uredajima i poprečnim suportom omogućuje obradu izratka u jednom zahvatu. Mechaniziranjem zahvatnih glava glavnog vretena i jahača može se cijeli ciklus obrade automatizirati.



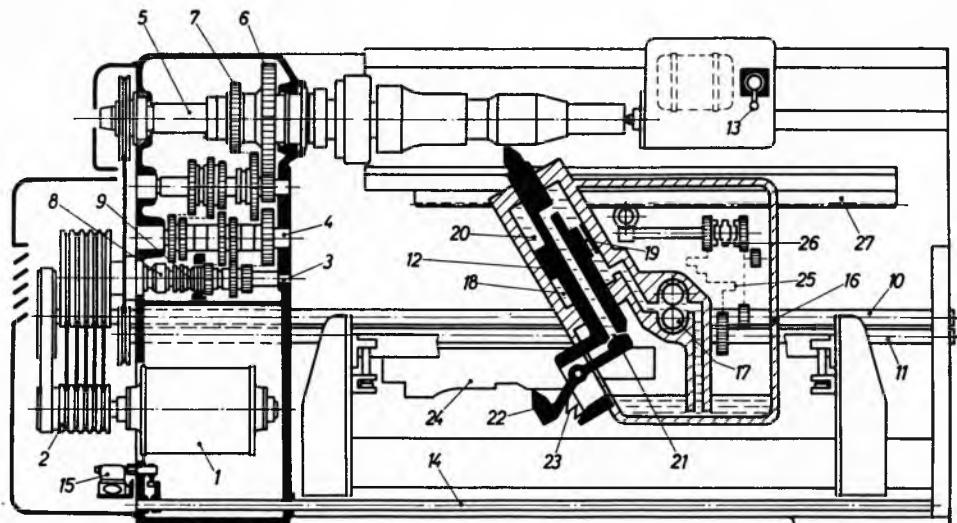
Sl. 81. Kopirna tokarilica. Obrada profiliranog provrta

Kopirne tokarilice tokare isključivo svojim kopirnim uredajem, te su im zato prigonski mehanizmi vrlo jednostavni. S pomoću kopirnih tokarilica mogu se kopiranjem obradivati ravni, konusni i profilirani provrti (sl. 81) i osovine (v. prilog). Prednost je kopirnih tokarilica što se brzo opremaju i rasprenjamaju, što se jednostavno poslužuju i što su pri radu s njima vrlo kratka sporedna i glavna vremena. Osim toga se na kopirnim tokarilicama upotrebljavaju jednostavniji ali snažno dimenzionirani tokarski noževi, pa otpada upotreba svakog komplikiranog reznog alata.

Glavni pogonski elektromotor 1 (sl. 82) goni preko klinastih remena 2 pogonsku osovinu 3, a time i fino stepenovani prigon sa zupčanicima 4 i glavno vreteno 5, i to pri malom broju okretaja preko para zupčanika 6 a pri velikom broju okretaja preko para zupčanika 7. Na pogonskoj osovini 3 nalazi se lamelna spojka 8, kojom se ne prekidajući rad pogonskoga elektromotora 1 — isključuje i uključuje pogon. Kočnicom 9 koji se hod glavnog vretena pri zaustavljanju. Pogonski elektromotor 1 direktno goni vlačno vreteno za brzi povratni hod 10, a glavno vreteno 5 goni preko klinastog remena vlačno vreteno za posmični radni hod 11. Posmak zavisi od broja okretaja glavnoga vretena. S pomoću motke 14, koja prolazi uzduž kopirne tokarilice, upravlja se elektromagnetskim jahačem 13. Pri upinjanju radnikove su ruke potpuno

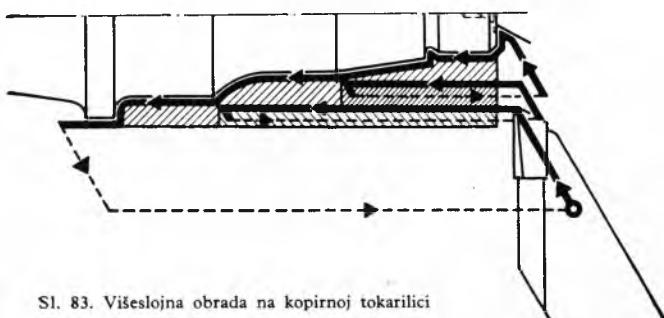
slobodne. Kada pritisna sila dostigne određenu veličinu, automatski se isključuje elektromotor jahača. Cijela hidraulika ugrađena je u jedini uzdužni suport 16, koji vode snažne vertikalno položene vodilice. Hidraulika ne obuhvaća samo kopirni uredaj već i automatski odmak od izratka nakon izvršenog reza i brzi povrat u početni polazni položaj. Brzohodno vreteno 10 goni preko para ukrštenih zupčanika zupčastu pumpu 17 s konstantnim brojem okretaja, koja siše ulje iz spremnika suporta i potiskuje ga u manji prostor 18 cilindra, čiji je diferencijalni klip 12 ujedno i kopirni suport na kojem se pričvršćuje tokarski nož. Preko prigušnice 19 klipa dolazi ulje u veći prostor 20 cilindra. Iz ovog prostora može ulje kroz šuplju klipnuču preko upravljačkog ventila 21 otjecati natrag u spremnik ulja. U manjem prostoru 18 cilindra vlada približno stalni pritisak. Dok ticalo 22 ne dodiruje šablonu 24, otvoren je upravljački ventil 21 utjecajem navojnog pera 23. Stoga nema pritiska u većem prostoru 20 i kopirni suport (klip) se podiže zajedno sa tokarskim nožem sve dok ticalo 22 ne dotakne šablonu 24. Usljed toga se procjep na upravljačkom ventili 21 toliko smanji koliko je to potrebno da u većem prostoru 20 cilindra pritisak dovoljno naraste da održi ravnotežu s pritiskom u manjem prostoru 18 cilindra. Kretanje klipa prestaje, a time i kretanje tokarskog noža. Naide li ticalo na uspon ili okomicu na os šablone, procjep se 21 smanji, pritisak u većem prostoru cilindra 20 naraste i klip 12 s nožem se spusti. Kad ticalo naide na pad šablone, poveća se procjep ventila 21 utjecajem navojnog pera 23. Pritisak u većem prostoru cilindra 20 padne, pritisak u manjem prostoru 18 cilindra prevlada i klip se sa tokarskim nožem diže sve do novog položaja ravnoteže. Posmični pogon oduzima se od vretena za posmak 11. Preko niza parova zupčanika za prekopčavanje 25 pogon ulazi u reverziju čeljusnu spojku 26. Drugi zupčanik reverzije čeljusne spojke vezan je direktno preko zupčanika za vreteno 10 za brzi povratni hod suporta. Preko pužnog prenosa pogon posmaka prelazi iz reverzije spojke na zupčanik koji je spregnut sa zubnom motkom 27 učvršćenom na postelji kopirne tokarilice. Reverziona čeljusna spojka i ugrađeni redukcioni prigon, s pomoću kojeg se može udešeni posmak smanjiti na polovicu svoje veličine, poslužuje se hidrauličnim mehanizmom, i to ručno ili automatski, putem podesivih graničnika. Ugrađenom hidrauličnom spojkom može se prema potrebi uključiti i brzi hod suporta u smjeru normalnog posmaka.

Pri tokarenju suport izvodi uzdužni hod, dok se kopirni suport kreće nagnut za 60° prema osi tokarenja. Rezultanta obaju gibanja daje područje kopiranja, koje obuhvaća pri povećanju promjera čak i čeonu plohu okomitu na os tokarenja, a pri smanjenju kut pada na maksimalno 30° prema osi izratka. Mala sila doticanja ticala omogućuje upotrebu nekaljenih limenih šablona ili upotrebu matičnog izratka (prototipa izratka). Posmak se za vrijeme kopiranja može smanjiti na polovicu svoje podešene vrijednosti radi održanja kvaliteta tokarenja i na čeonim plohami izratka, radi čuvanja trajnosti oštice tokarskog noža pri urezivanju žlebova,



Sl. 82. Shematski prikaz kopirne tokarilice

radi postizavanja što većeg učina tokarenja pri obradi kovanih izradaka nejednakog dodatka za obradu i, konačno, radi postizavanja — ako je to potrebno — različitih kvaliteta obrađenih



Sl. 83. Višeslojna obrada na kopirnoj tokarilici

površina. Prekopčavanje od normalnog na polovični posmak i obratno vrši se automatski za vrijeme tokarenja s pomoću graničnika koji su učvršćeni na nosiocu šablone. Dužina na kojoj će djelovati polovični posmak određena je duljinom letvice na podešenom graničniku. Pri obradi izradaka s velikim dodatkom obrade upotrebljava se metoda višeslojne obrade (sl. 83). Posebnim graničnicima se hidraulično podešavaju dubine pojedinih slojeva koje će tokarski nož postepeno skinuti tokarenjem. Na koncu svakoga reza tokarski nož se automatski odmakne nešto od izratka, vraća se brzim hodom natrag i zauzme novu dubinu za tokarenje sljedećeg sloja. Nakon posljednje obrade, kada se izradak obrađuje kopiranjem sa šablone po cijeloj njenoj dužini, vraća se tokarski nož u prvobitni položaj. Ciklus obrade može se potpuno automatizirati, a ugradnjom elektromagnetskih spojki u vretenište programirati, osobito ako je u vreteništu ugrađen uređaj za promjenu broja okretaja vretena pod teretom.

Visina šljaka kopirnih tokarilica iznosi od 115 do 250 mm, duljina tokarenja 500...2500 mm, hod kopirnih uređaja 100...200 mm, područje broja okretaja u 9, 12 ili 18 brzina od 75 do 1800 o/min, posmak sa 9 do 12 veličina od 0,05 do 0,75 mm/okr., brzi povratni hod ~ 2500 mm/min, snaga pogonskog motora 10...25 kW.

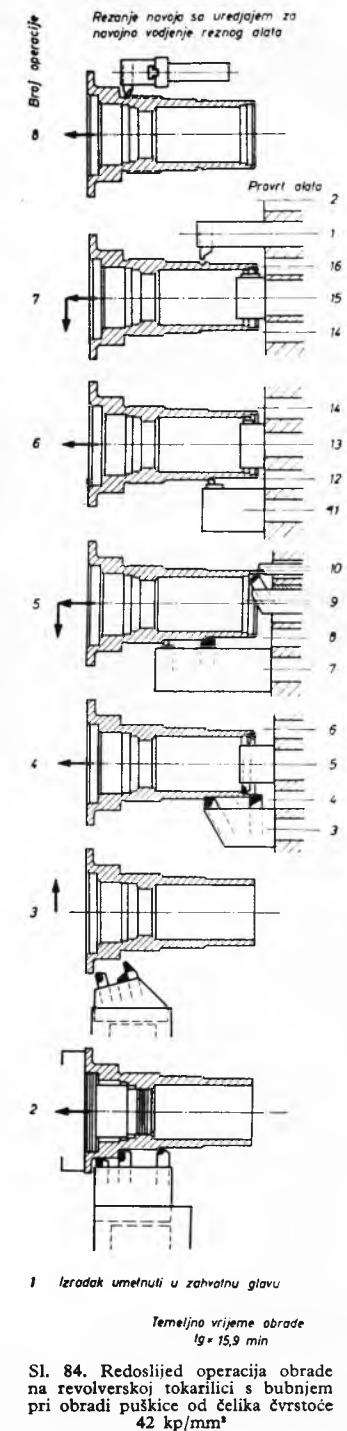
Revolverske tokarilice (v. prilog) služe u serijskoj proizvodnji za kompletну obradu izradaka u jednom zahvatu. Revolverska tokarilica svojom revolverskom glavom može prihvatići veći broj reznih alata koji u jednom zahвату izratku izvrše sve potrebne operacije obrade, pri čemu se pojedini rezni alati ili slogovi reznih alata uklapaju jedan za drugim u operaciju obrade. Sporedno vrijeme obrade se znatno smanjuje, a time i vrijeme izvedbe, dok se stvarno vrijeme opreme i raspreme povećava. To povećanje nije važno u serijskoj proizvodnji. Podesivim graničnicima za uzdužni i poprečni posmak, koji su razmješteni po posebnim bubenjevima, ograničuje se hod revolverskog suporta, čiji se posmak automatski isključuje nakon dodira s njime. Ponavlja li se periodično obrada istog izratka, može se namjesto podešavanja reznih alata u revolverskoj glavi izmjeniti cijela revolverska glava sa već podešenim reznim alatima. To smanjuje vrijeme opreme i raspreme. Revolverske tokarilice se upotrebljavaju za obradu pojedinačnih izradaka, koji su zahvaćeni mehaničkim, hidrauličnim, pneumatskim ili električnim zahvatnim dvočeljusnim i višečeljusnim glavama, a i za obradu izradaka iz šipke koja je protučrena kroz šuplje glavno vreteno i zahvaćena steznom čahurom ili zahvatnom glavom. U tom slučaju se revolverske tokarilice snabdijevaju uređajem za prihvati i vodenje šipke i ručnim mehaničkim, hidrauličnim ili pneumatskim uređajem za pomak šipke za vrijeme okretanja glavnog vretena. Revolverske tokarilice za obradu izradaka iz šipke imaju i poprečni suport s pomoću kojeg se u izradak mogu utokariti razni urezi i obradeni izradak odrezati od šipke. Potrebeni navoji režu se na revolverskim tokarilicama s pomoću uređaja za navojno vođenje reznog noža. Na osovini tega uređaja, koji se prema glavnom vretenu okreće u odnosu 2 : 1, nalazi se izmjenljiva navojna puščika uspona dvostruko većeg od uspona navoja na izratku. Uključivanjem navojne čeljusti u navojnu puščicu ostvaruje se uzdužni hod reznog noža pod usponom navoja koji se reže na izratku. Revolverske tokarilice se snabdijevaju i uređajem za tokarenje konusa, a i hidrauličnim uređajima.

Postoje tri vrste revolverskih glava, i to: zvezdasta revolverska glava s kratkom vertikalnom osovinom i s prizmatičnom (obično šesterostranom) glavom, na čijim su stranicama pričvršćeni rezni alati, ili sa pločastom glavom, na čijoj se gornjoj čeonoj ploči učvršćuju držači reznih alata; bubenjasta revolverska glava sa horizontalnom dugom osovinom koja je paralelna sa glavnim vretenom i na čijoj se čeonoj vertikalnoj plohi upinju rezni alati; revolverska stezna glava sa horizontalnom kratkom osovinom koja može biti paralelna s glavnim vretenom ili okomita na nj, a na čijoj se čeonoj strani upinju rezni alati.

Zvezdaste revolverske glave nisu zbog kratke osovine tako kruto uležištene kao bubenjaste revolverske glave sa dugom osovinom. Sve revolverske glave prilikom promjene položaja reznih alata zaokreću se oko svoje osi i zabravljaju se u radnom položaju s pomoću konusnog indeksa ili s pomoću dvostrukog klinja. Revolverske glave automatski se okrenu kada u povratnom hodu revolverski suport dode u početni položaj. Slike u prilogu prikazuju obradu izratka na revolverskoj tokarilici sa zvezdastom revolverskom glavom, gdje izradak istodobno zahvaćaju razni alati poprečnog suporta, revolverske glave i hidrauličnog kopirnog uređaja, i obradu puškice od čelika čvrstoće 42 kp/mm² na revolverskoj tokarilici sa bubenjastom revolverskom glavom.

Redoslijed operacija obrade (sl. 84) je ovaj: 1. operacija: umetanje sirovog izratka u zahvatnu glavu i stezanje. 2. operacija: tokarenje promjera 114 mm \varnothing , 120 mm \varnothing i 140 mm \varnothing prvim sloganom reznog alata poprečnog suporta; posmak je pri tom uzdužni. 3. operacija: tokarenje čone plohe promjera 200 mm \varnothing , lomljenje 0,5/45° brida promjera 140 mm \varnothing i urezivanje ureza promjera 120 mm \varnothing drugim sloganom reznog alata poprečnog suporta; držač alata se okreće a posmak je poprečni. 4. operacija: tokarenje promjera 105 mm \varnothing , tokarenje promjera uvrta 100 mm \varnothing i 95 mm \varnothing i lomljenje brida 0,5/45° revolverskim suportom; posmak je uzdužni. 5. operacija: fino tokarenje promjera 114 mm \varnothing h6, lomljenje brida 0,5/45° na promjerima 114 mm \varnothing i 100 mm \varnothing sa uzdužnim posmakom revolverskog suporta i nakon toga obrada čone plohe 105 mm \varnothing /100 mm \varnothing zaokretnim poprečnim posmakom revolverske glave. 6. operacija: fino tokarenje promjera 105 mm \varnothing h6 i unutarnjeg promjera 95 mm \varnothing H8 uzdužnim posmakom, zatim urezivanje ureza širine 3 mm zaokretnim poprečnim posmakom revolverske glave. 8. operacija: narezivanje navoja M 120 x 3 uredajem za rezanje navoja.

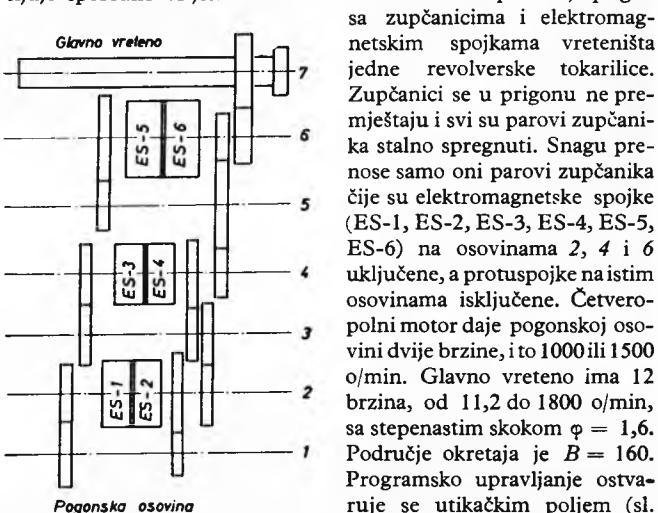
Temeljno vrijeme obrade iznosi $t_g = 15,9$ min. Upotrebljene



Sl. 84. Redoslijed operacija obrade na revolverskoj tokarilici s bubenjem pri obradi puškice od čelika čvrstoće 42 kp/mm²

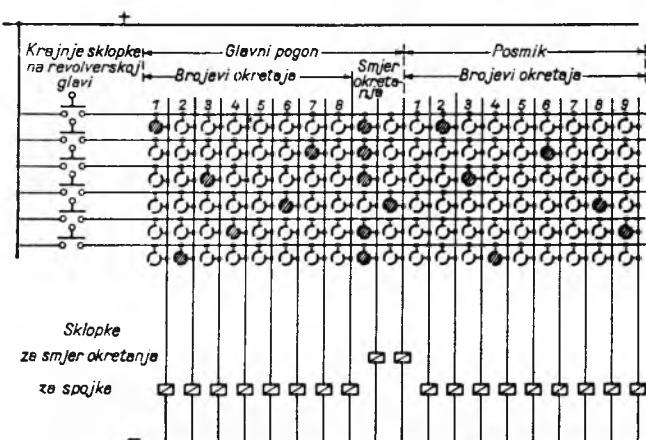
su brzine rezanja $v = 68 \dots 165$ m/min i brojevi okretaja glavnog vretena $180 \dots 450$ o/min.

Programsko upravljanje revolverskom tokarilicom znatno smanjuje sporedno vrijeme obrade. Sl. 85 shematski prikazuje prigon sa zupčanicima i elektromagnetskim spojkama vreteništa jedne revolverske tokarilice.



Sl. 85. Shematski prikaz prigona vreteništa revolverske tokarilice s ugradenim elektromagnetskim spojkama

Horizontalni vodiči križne rešetke, koji svi leže u jednoj ravnini, spojeni su na granične sklopke revolverske glave. Zaokretom revolver-



Sl. 86. Principijelna shema za programsko upravljanje revolverskom tokarilicom predbiranjem pomoću bušene kartice

ske glave, tj. dolaskom izvjesnog reznog alata u radni položaj, odgovarajuća granična sklopka se uključi i pripadajućom horizontalnom šipkom prođe upravljačka struja, koja kroz utisнуте utikače prelazi na niz vertikalnih šipki križne rešetke. Upravljačka struja raspodjeljuje se na releje i sklopke koji uključuju elektromagnetske spojke i sprežu one parove zupčanika koji daju traženu brzinu i smjer glavnog i sporednog kretanja. Koći se uključivanjem obju elektrospojki na istoj osovini. Izvedeno utikačko polje za programsko upravljanje revolverske tokarilice predbiranjem pomoću bušene kartice prikazuje sl. 87. Bušena kartica perforirana u tehničkoj pripremi rada nasloni se na utikačko polje i kroz perforacije utisnu se utikači. Time je revolverska tokarilica programirana za obradu određenog izratka po tehnološkom postupku koji je određen u tehničkoj pripremi rada. Revolverskom tokarilicom koja ima uređaj za programiranje toka obrade može se upravljati i pojedinačnim predbiranjem. Tada se za vrijeme tekuće operacije obrade predbiraju brzina i smjer glavnog i sporednog kretanja s pomoću ručnih kola za predbiranje brzina glavnog vretena i veličina posmaka, a nakon završetka tekuće operacije ručno se uključi predbirani režim obrade.



Sl. 87. Utikačko polje s utikačima utisnutim prema programu obrade

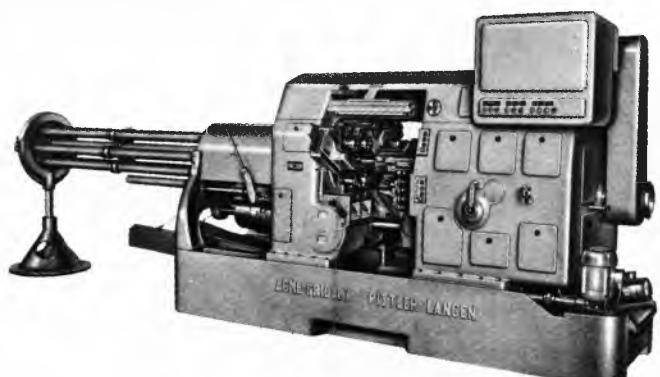
Automatske tokarilice ili, kraće, *automati*, potpuno su automatizirane revolverske tokarilice. Tokarski automati se upotrebljavaju u masovnoj proizvodnji.

Jednovreteni automati obrađuju jedan po jedan izradak. Glavno rezno kretanje izvodi izradak koji je upet u glavnom vretenu. Izradak se obično izrađuje iz šipke koja prolazi kroz šuplje glavno vreteno. Obradu uzdužnim posmakom izvode jedan za drugim pojedini rezni alati učvršćeni u revolverskoj glavi. Poprečni suport tokari ravne plohe na izratku, a posebni suport za odrezivanje odvaja gotovi izradak od šipke. Otvaranje steznih čeljusti zahvatne glave, pomak šipke do udešenog graničnika, stezanje šipke u zahvatnoj glavi i obrada slijedećeg izratka nastavlja se automatski.

Ispod glavnog vretena, uzdužnog i poprečnog suporta i suporta za odrezivanje nalazi se upravljačka osovina sa nekoliko bubnjeva ili ploča na kojima su učvršćene razne krivulje kojima se preko polužja izvode automatske kretnje za otvaranje i stezanje zahvatne glave glavnog vretena, pomak materijala, posmično kretanje uzdužnog i poprečnog suporta i suporta za odrezivanje. Krivulje su razmještene po bubnjevima prema redoslijedu operacija obrade. Nakon jednog okretaja upravljačke osovine izvršene su sve operacije potrebne za obradu jednog izratka.

Postoje jednovreteni tokarski automati s revolverskom glavom i bez nje, s jednom, dvije ili više upravljačkih glavnih ili sporednih osovina. Jednovreteni automati bez revolverske glave izvode se obično kao automati za dužinsko tokarenje i kao automati za oblikovane dijelove i vijke. U automatu za dužinsko tokarenje glavno i sporedno kretanje izvodi šipka upeta u glavno vreteno, koje izvodi glavno rezno kretanje, dok vretenište, odnosno pinola u kojoj je uležišteno glavno vreteno, izvodi posmično kretanje. Suporti i razni prihvati reznog alata miruju, osim kad nakon obrade izratka slijedi urezivanje različitih ureza u poprečnom smjeru ili rezanje navoja.

Viševreteni tokarski automati (sl. 88) upotrebljavaju se isključivo u masovnoj proizvodnji. Proizvode se sa 4, 6 ili 8 glavnih

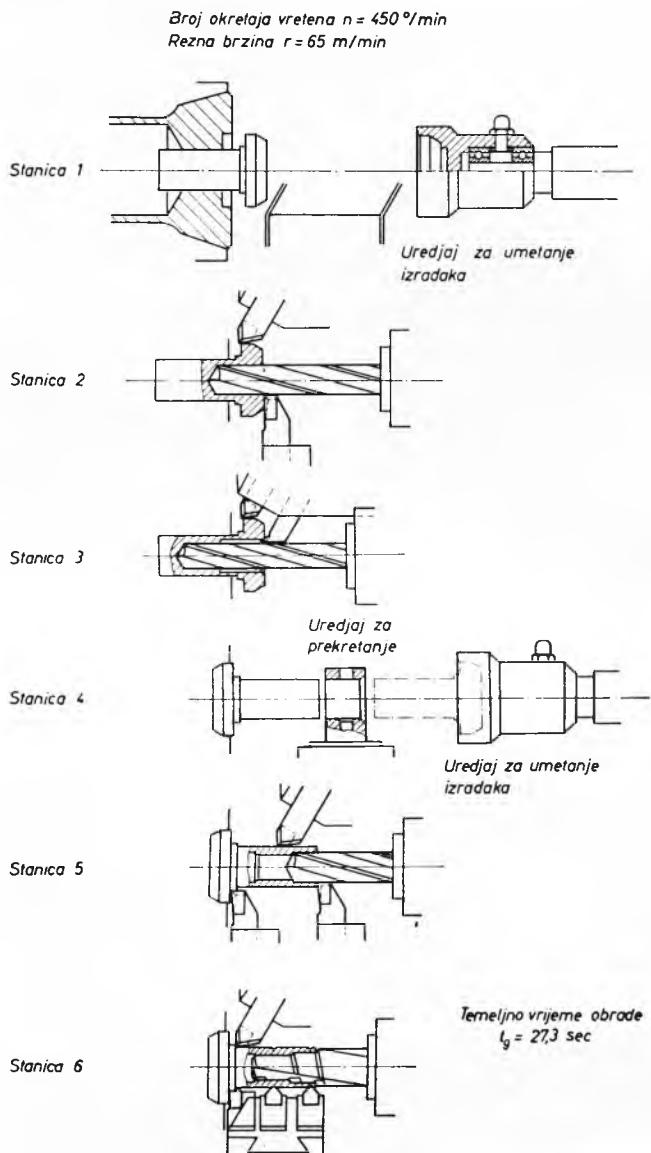


Sl. 88. Šesterovreteni tokarski automat za obradu izradaka iz šipke s ugradenim transportnim pužem za strugotinu

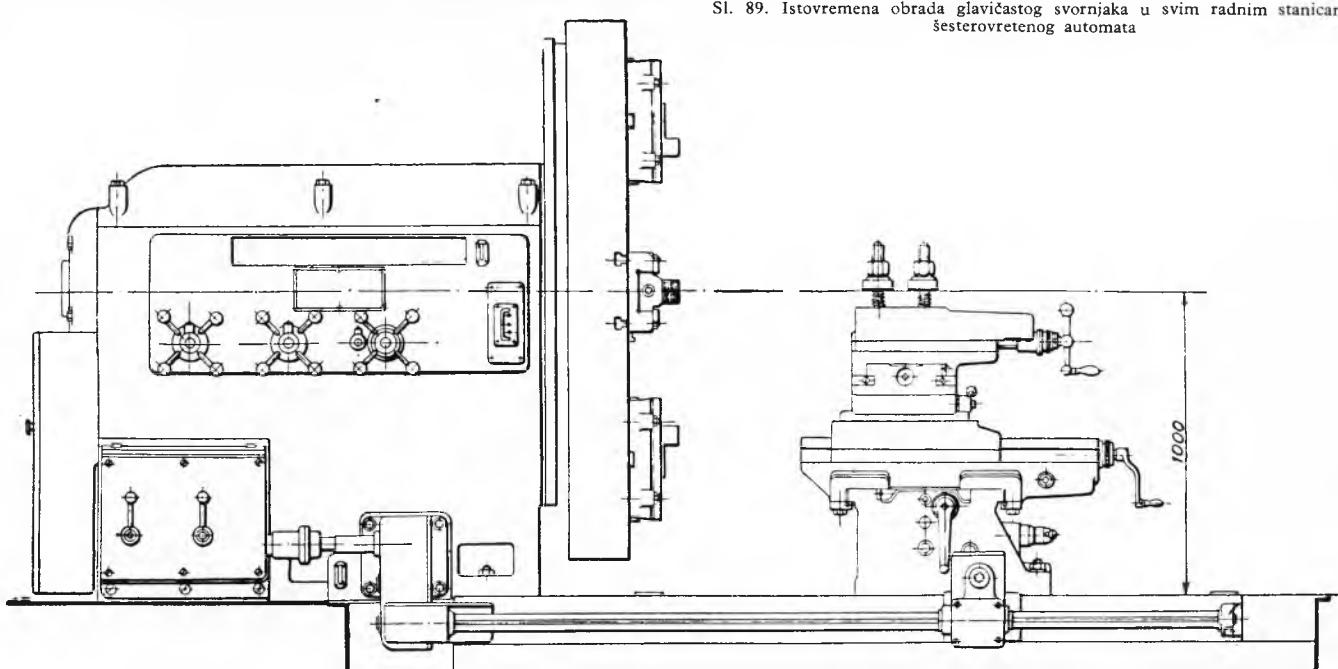
vretena. Mogu izradivati dijelove od kalibriranih šipki i cjevi, a mogu obradivati i izratke pojedinačno. Sva glavna vretena uležištena su u velikom bubnju koji se nakon izvršene operacije obrade zaokrene zajedno s glavnim vretenima, šipkama i nosačima šipki za jedno radno mjesto dalje, tj. za $\frac{1}{4}$ ili $\frac{1}{6}$ ili $\frac{1}{8}$ svoga obrta, zavisno od broja vretena. U osi sa bubnjem glavnih vretena uzdužno se kreće četvero-, šestero- ili osmerostrani nosač uzdužnih prihvata različitih alata kojima se istodobno u uzdužnom smjeru tokare izraci. Oko bubnja glavnih vretena smješteni su razni suporti za poprečno tokarenje. Ispod bubnja glavnih vretena nalaze se upravljačke osovine s nizom bubnjeva na kojima se nalaze pričvršćene upravljačke krivulje. Ove krivulje upravljaju kretnjama za otvaranje i stezanje zahvatnih stega za materijal ili pojedini izradak i posmičnim kretanjima uzdužnih višestranih suporta i svih poprečnih suporta. Viševreteni automati vrše istovremeno više operacija obrade te je zato temeljno vrijeme obrade za toliko puta manje nego vrijeme na revolverskoj tokarilici koliko automat ima vretena.

Slika u prilogu prikazuje obradu glavičastog svornjaka na šesterovretenom automatu. Time što se svornjak radi iz otkovaka, a ne iz šipke, smanjuje se vrijeme obrade za 33% a uštedi se 55% materijala. Sl. 89 prikazuje operacije obrade koje se istovremeno vrše u stanicama automata. U prvoj stanicici umeće se svornjak u zahvatnu glavu, koja stegne izradak. Druga stanicica grubo obraduje čeonu stranu glave na promjer 44 mm \varnothing i buši uvrt 19 mm \varnothing . U trećoj stanicici fino se obraduje promjer 44 mm \varnothing , utokari se kosina 2/45° i buši uvrt 16 mm \varnothing . Izradak se preokreće u četvrtoj stanicici, tj. utisne se u uredaj za preokretanje, a zatim ga prihvati uredaj za umetanje izratka, koji ga ponovo utisne u zahvatnu stegu glavnog vretena. U petoj stanicici buši se grubo uvrt 19 mm \varnothing , grubo se tokari promjer 24,5 mm \varnothing i promjer 28 mm \varnothing i čeona ploha svornjaka. Završno fino tokarenje promjera 24,5 mm \varnothing zbiva se u šestoj stanicici, u kojoj se kalibriranim posebnim stepenastim svrdlom kalibriraju uvrti 16 mm \varnothing i 19 mm \varnothing i poprečnim tokarenjem obradi unutarnja čeona glava svornjaka i urežu dva ureza.

Poprečna tokarilica (sl. 90) je stroj koji služi za obradu izradaka velikih dimenzija, koji se upinju na steznu ploču tokarilice. Ispred stezne ploče nalazi se velika temeljna ploča sa T-utorima, na kojoj se može križni suport smjestiti na potrebnoj udaljenosti od stezne ploče. Glavno kretanje izvodi stezna ploča zajedno s upetim izratkom, a sporedno kretanje izvodi rezni alat. Križni suport može se na temeljnoj ploči zaokrenuti za 90° . Ta-kovo se vodilicu postolja križnog suporta postavljaju paralelno sa glavnim vretenom. Izraci velikih promjera upinju se između stezne ploče ili njenog šiljka i šiljka jahača koji leži u osi glavnog vretena.

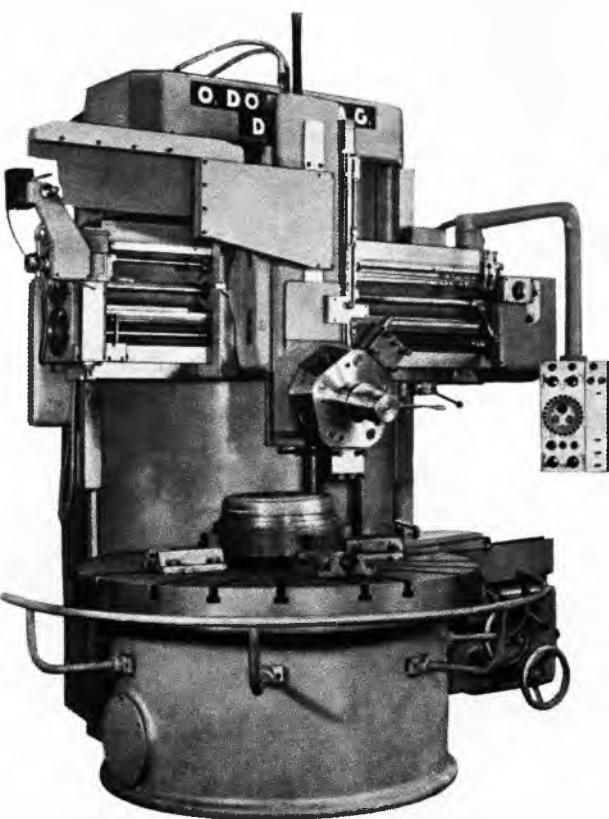


Sl. 89. Istovremena obrada glavičastog svornjaka u svim radnim stanicama šesterovretenog automata



Sl. 90. Poprečna tokarilica

Prednosti poprečne tokarilice pred karuselnom tokarilicom jesu: manja cijena za isti najveći promjer tokarenja; bolji



Sl. 91. Karuselna tokarilica s električnim kopirnim uređajem

prilaz izratka i bolje otjecanje strugotine; najveći promjer tokarenja manje je ograničen ukoliko se ispred stezne ploče nalazi jama dovoljnih dimenzija; manji utrošak snage u praznom hodu i pri obradi manjih promjera izradaka.

Karuselna tokarilica (sl. 91) ima horizontalno položenu steznu ploču za prihvatanje izratka. Na vertikalnoj vodilici stupa nalazi se poprečno brvno koje se po visini može podešiti prema potrebi. Vodilice brvana nose križni zaokretni suport, čije vodilice vode uzdužni vertikalni suport. Peterodijelna revolverska glava za prihvatanje reznih alata smještena je na donjem dijelu vertikalnog uzdužnog suporta. Uz vertikalni suport nalazi se bubanj za prihvatanje graničnika koji za svaki rezni alat u revolverskoj glavi određuje duljinu hoda pri tokarenju. Poprečni hod pri tokarenju ostvaruje se kretanjem križnog suporta na vodilicama poprečnog brvna. Prenještanje pojedinih suporta vrši se mehaničkim brzim hodom. Postoje jednostupne i dvostupne karuselne tokarilice. Veće dvostupne karuselne tokarilice imaju po dva križna suporta.

Prednosti karuselne tokarilice pred poprečnom tokarilicom jesu: jednostavno upinjanje izratka; dobar pregled obradene

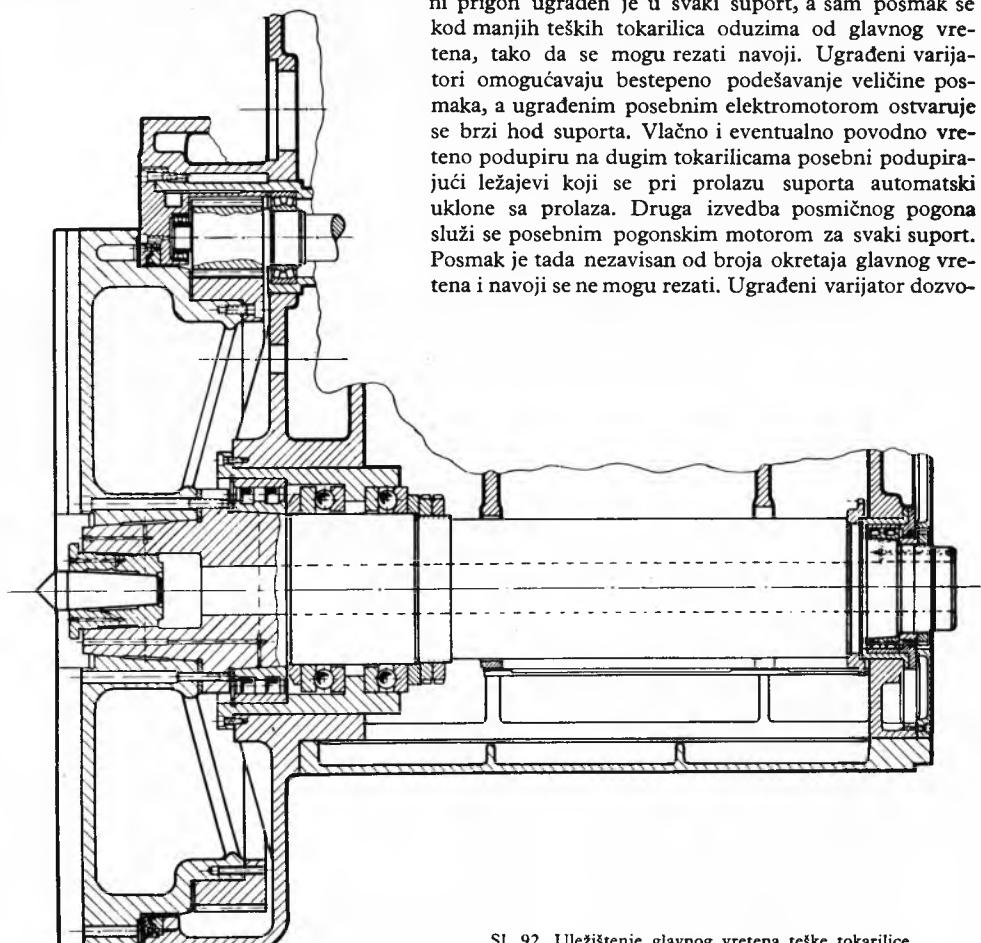
površine; veća tačnost obrade uslijed vertikalno smještenog glavnog vretena i čeonog uležištenja stezne ploče; kraća glavna i sporedna vremena; bolje iskorištenje stroja.

Karuselne tokarilice se opremanju i električnim kopirnim uređajima. Nosilac limene profilne šablone nalazi se na uzdužnom vertikalnom suporu a elektrokopirno ticalo pričvršćeno je na poprečno brvno. Promjeri tokarenja jednostupnih karuselnih tokarilica kreću se od 630 mm do 1500 mm, a promjeri dvostupnih od 1500 do 2500 mm.

Teške tokarilice (v. prilog) služe za grubu i finu obradu teških i velikih izradaka (osovina, vretena, radilica, rotora itd.). Velika krutost postelje, vreteništa, jahača i suporta je osnovna značajka teških tokarilica. Visina šiljaka kreće se od 800 do 2000 mm, a razmak šiljaka od 2000 do 25 000 mm. Brojevi okretaja glavnoga vretena iznose od 25...250 o/min do 0,7...70 o/min, zavisno od visine šiljaka. Posmaci su od 0,05 do 5 mm/okr. za poprečni, a od 1,1 do 10 mm/okr. za uzdužni posmak. Maksimalni momenat na steznoj ploči varira od 300 do 25 000 kpm.

Krute postelje s jakim rebrima izvode se sa dvije, tri ili četiri uzdužne vodilice po kojima klizi jedan ili više suporta i na koje se pričvršćuje jahač. Postelje sa tri ili četiri vodilice omogućavaju da oba suporta mimođedušno jahač. Vodilice postelje mogu biti plosne ili prizmatične. Plosne vodilice se vrlo lako izrađuju i vrlo tačno vode; prizmatične (kose) su vodilice skupljene u izvedbi, ali im je prednost što su samopodesive. Teške tokarilice dobivaju pogon od regulacionog istosmjernog elektromotora. Za veće snage veže se pogonski motor na Leonard-Wardov agregat, koji omogućuje bestepenu regulaciju broja okretaja glavnoga vretena pod teretom, lagani polaz pri velikom polaznom momentu i blago kočenje pri zaustavljanju glavnog vretena. Područje broja okretaja $B \approx 100$ razdijeljeno je prenjestivim parovima zupčanika na nekoliko brzinskih područja unutar kojih se može izvršiti bestepena regulacija broja okretaja glavnog vretena uležištenog u dvoredne valjkaste ležaje s podesivim zračnostima (sl. 92). Pogon ne ide kroz glavno vreteno, već od predložne osovine direktno na Zubni vijenac stezne ploče. Uslijed toga glavno vreteno nije opterećeno na torziju. Posmič-

ni prigon ugrađen je u svaki suport, a sam posmak se kod manjih teških tokarilica oduzima od glavnog vretena, tako da se mogu rezati navoji. Ugrađeni varijatori omogućavaju bestepeno podešavanje veličine posmaka, a ugrađenim posebnim elektromotorom ostvaruje se brižan hod suporta. Vlačno i eventualno povodno vreteno podupiru na dugim tokarilicama posebni podupirajući ležajevi koji se pri prolazu suporta automatski uklone sa prolaza. Druga izvedba posmičnog pogona služi se posebnim pogonskim motorom za svaki suport. Posmak je tada nezavisan od broja okretaja glavnog vretena i navoja se ne mogu rezati. Ugrađeni varijator dozvo-



Sl. 92. Uležištenje glavnog vretena teške tokarilice

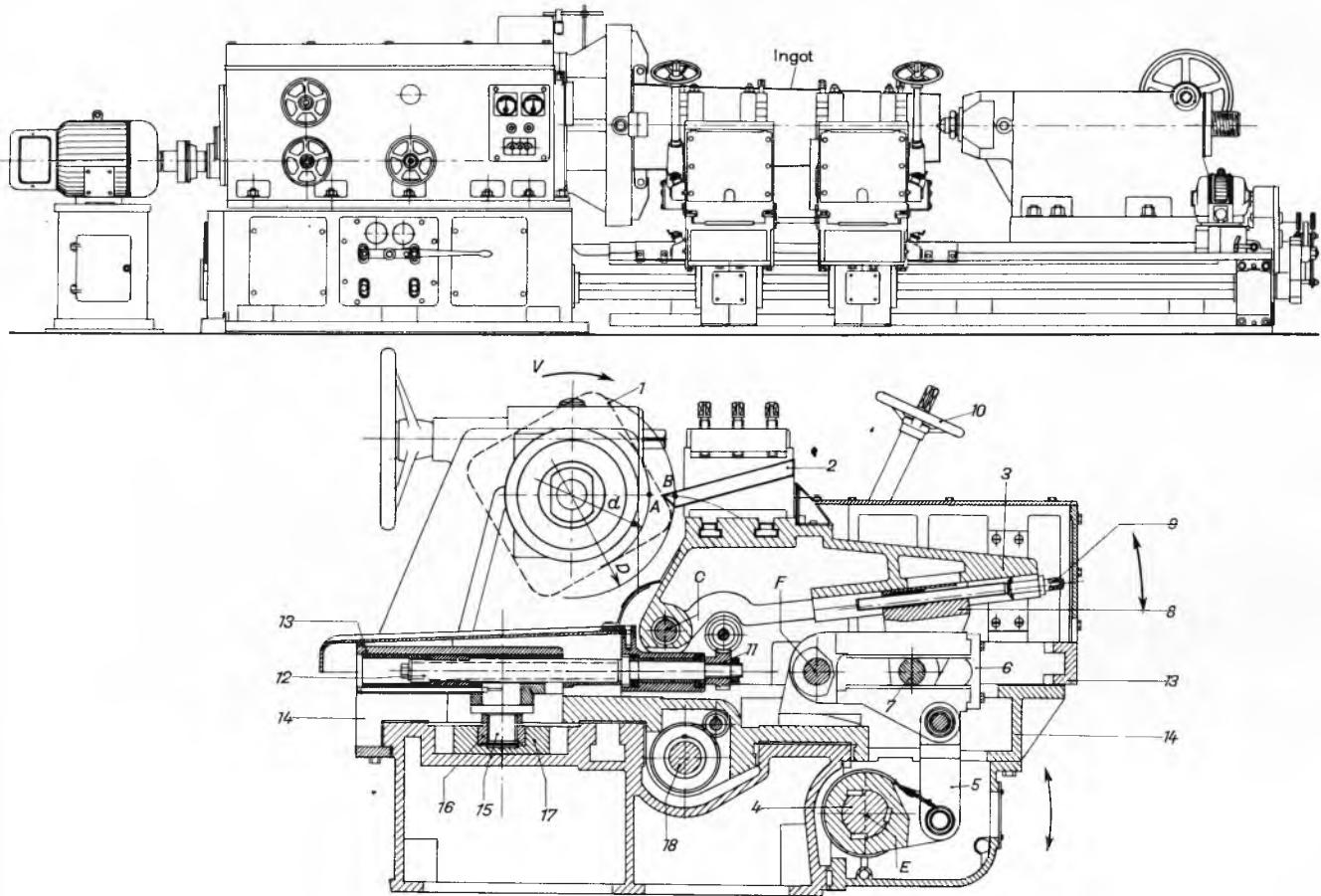
ljava bestepeno podešavanje veličine posmaka, a pogonski motor suporta služi i za brzi hod suporta.

Na velikim teškim tokarilicama ostvaruje se potrebna veza za rezanje navoja između glavnog vretena i suporta električnom osovinom koja osigurava sinhrono kretanje glavnog vretena i suporta. Teške tokarilice opremanju se linetama, uređajima za tokarenje konusa i električnim kopirnim uređajima koji omogućavaju kopiranje sa šablone u uzdužnom i poprečnom smjeru.

Tokarilice za obradu ingota služe za skidanje tvrde kore sa stranica teških čeličnih ingota (sl. 93). Ingoti su obično četvero-, šestero- ili osmerostrane krne piramide sa zaobljenim bridovima, ili su pak kružni ili elipsasti krni stošci. Kora ingota je vrlo tvrda i prije valjanja mora se skinuti. Prema tome, s ovim se tokarilicama ingoti samo grubo obrađuju. Obično je u akciji više tokarskih noževa odjednom. Ingoti se obrađuju u jednom zahvalu. Tokarilice za ingote su zbog velikih reznih sila vrlo krute, a pogonske snage su im zнатне. Kako se na tokarilicama za ingote obrađuju

stiže se da pogonsko vreteno za jedan okretaj glavnog vretena toliko puta oscilira oko svoje osi E koliko ingot ima stranica.

Oscilacije pogonskog vretena 4 prenose se preko veze 5 na račvastu jednostranu polugu 6 koja oscilira oko tačke F . U vodilici poluge 6 može se hvatište prenosnog svornjaka 7 podesiti pomakom nosača svornjaka 8, vodenog vodilicama držača alata 3. Navojnim vretenom 9 može se nosač svornjaka 8, a time i svornjak 7, pomicati duž vodilica držača alata, čime se mijenja amplituda oscilacija svornjaka 7 i amplituda oscilacija držača alata 3 i vrha tokarskog noža 2. Navojnim vretenom 9 podešava se lučni put AB vrha tokarskog noža. Potrebni promjeri D i d podešavaju se ručnim kolom 10, kojim se preko ukrštenih zupčanika 11 i navojnog vretena 12 može poprečno pomicati poprečni podesivi suport 13 prema uzdužnom suportu 14. Poprečni suport odupire se preko svornjaka 15 za vodenje poprečnog suporta i karrena 16 na bočne strane žlijeba konusnog lineala 17. Ako se žlijeb konusnog lineala postavi paralelno s uzdužnim vodilicama postelje, tokarilica



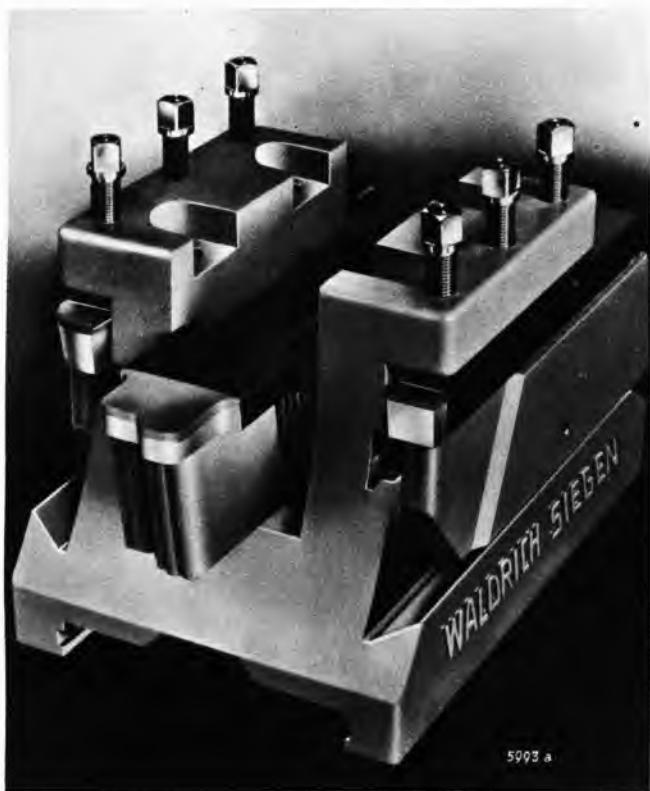
Sl. 93. Tokarilica za tokarenje ingota. Dolje: presjek suporta tokarilice

višestrane krne piramide, mijenja se zbog oscilatornog kretanja tokarskog noža za vrijeme jednog okretaja ingota periodično više puta prednji kut tokarskog noža, koji mora po mogućnosti biti negativan zbog tvrdoće kore ingota.

Tokarilice za obradu ingota sastoje se od vreteništa, postelje jahača i dva specijalna suporta, čiji držaci alata lučno osciliraju u horizontalnom smjeru za vrijeme okretanja ingota. Između šiljaka jahača i stezne ploče upet je (ovdje četverostrani) ingot 1. Pri tokarenju četverostranog ingota tokarski nož 2 mora za jedan okretaj ingota četiri puta oscilirati između tačaka A i B . Te se tačke nalaze na luku čije je središte C u središnjici osovine oko koje oscilira cijeli držač alata 3. Put vrha tokarskog noža 2 po luku AB iznosi $\sim (D-d)/2$. Oscilatorno kretanje uzimaju tokarski nož 2 i držač alata 3 od pogonskog oscilatornog vretena 4, čija se središnjica nalazi u tački E . Ovo pogonsko vreteno vezano je posebnim mehanizmom za kretanje glavnog vretena i ingota. S pomoću izmjenljivih zupčanika tog koljenastog mehanizma po-

za ingote tokarit će višestranu prizmu ili cilindar. Ako je konusni linear zaokrenut prema vodilicama postelje, tokarilica će tokariti višestranu krnu piramidu ili krni stožac. Kut nagiba $\alpha/2$ konusnog lineala podešava se vijcima. Oba uzdužna suporta uzimaju uzdužno kretanje od vretena 18 koje se nalazi ispod suporta. Svaki suport ima u svom držaču alata 3 po dva tokarska noža 2. Tako se ingot istodobno obrađuje sa 4 rezna alata.

Tokarilice za valjke služe za grubu i finu obradu valjaka za valjaonice i za njihovo kalibriranje. Teške i srednje tokarilice za valjke imaju do 24 brzine glavnog vretena od 2...200 o/min do 0,8...80 o/min i raspolažu posmacima od 0,5 do 200 mm/okr., a služe za obradu valjaka od 600 do 1750 mm promjera. Pogonska im je snaga od 60 do 125 kW. Promjer glavnog ležaja iznosi od 220 do 400 mm. Tokarilice za valjke za tokarenje i kalibriranje imaju 16 brzina glavnog vretena od 0,8...48 o/min do 0,4...0,24 o/min, pri posmacima 0,1...100 mm/okr. Na njima se obrađuju i kalibriraju valjci od 600 do 1200 mm. Pogonska im je snaga od 30 do 75 kW.



Sl. 94. Profilirani plosnati tokarski nož poduprt visokim lamelama

Valjci se mogu kalibrirati profiliranim pločastim tokarskim noževima (sl. 94), koji se u zatvorenom držaču noža podupiru visokim čeličnim lamelama, kako bi plosni tokarski nož mogao prihvati veliku reznu silu. Na ovim se tokarilicama za valjke mogu kalibrirati valjci i kopiranjem šablonu. Upotrebljava se električni kopirni uređaj sa ticalom koje upravlja preko elektromagnetskih spojki hodom suporta za kalibriranje. Prednost kopiranja kalbarskih oblika leži u smanjenju vremena obrade i u smanjenju troškova za izradu rezognog alata, jer se kalibrirati može običnim tokarskim noževima. Kopiranjem profila postiže se veća tačnost i bolji kvalitet obradene površine, a smanjuje se vrijeme opreme i vrijeme raspreme. Kopiranjem profila smanjuje se vrijeme obrade valjaka za 40% prema vremenu obrade profiliranim tokarskim noževima. Tokarilice za kalibriranje valjaka sa čvrstim (v. prilog) i poprečno posmičnim vodilicama uzdužnih suporta služe isključivo za kalibriranje valjaka od 350 do 1000 mm promjera. Te tokarilice raspolažu sa do 12 brzina glavnoga vretena od 0,4...6 o/min do 0,6...10 o/min. Obično postoji samo uzdužni posmak. Pogonska im je snaga od 10 do 50 kW.

GLODALICE

Glodalice su alatni strojevi s pomoću kojih se, režući materijal glodalima, mogu obraditi ravne plohe, poprečno profilirane plohe, prizmatični žlebovi, zupčanici, navoje i prostorno profilirane plohe. Glodanje je iza tokarenja najvažnija i najviše upotrebljavana obrada skidanjem strugotina.

Mekhanizam glavnoga pogona glodalica može se izvesti kao višeosovinski stepenovanii prigon sa zupčanicima, kao bestepeni prigon (mehanički, hidraulični i električni) i kao kombinirani višeosovinski stepenovanii prigon sa bestepenim podešavanjem brzine okretanja unutar pojedinih područja stepenovanja.

Prevladavaju višeosovinski stepenovani prigoni. Mekhanizam višeosovinskog stepenastog prigona sa zupčanicima dozvoljava veći izbor brzine okretanja glavnog vretena na kojemu se redovito nalazi rezni alat (glodalo, rezna glava, jednorenzo glodalo itd.). Područje broja okretaja je manje nego u tokarilica i iznosi za univerzalne glodalice $B = n_z/n_1 \approx 50$ a za specijalne glodalice $B \approx 10\ldots30$. Brzine glavnog vretena mijenjaju se ručno ili predbiranjem s pomoću mehaničkih hidrauličnih ili elektromagnetskih uređaja.

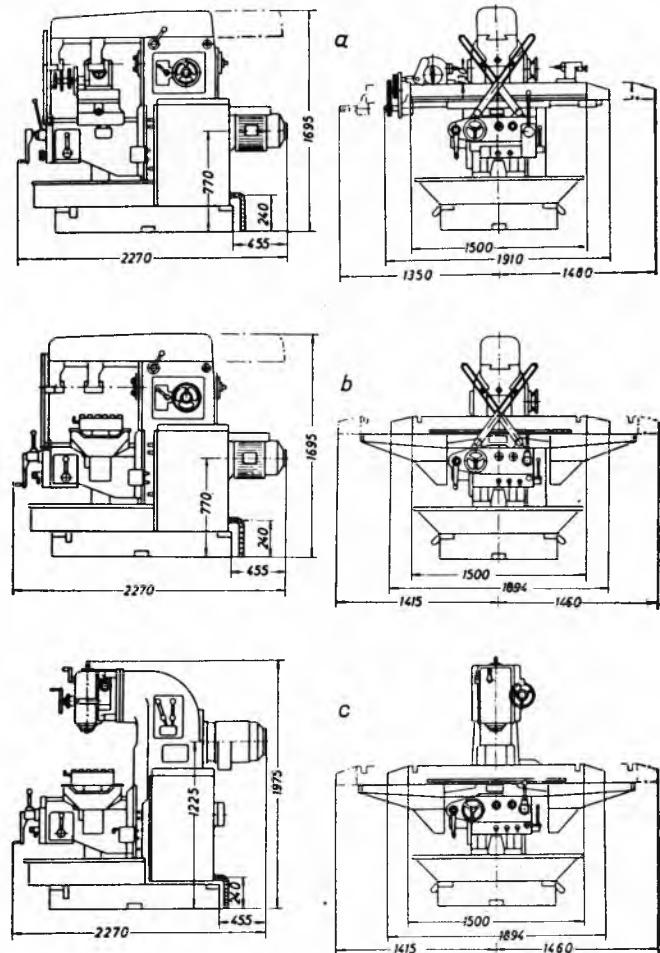
U vretenište glodalica katkada se ugrađuju lamele tarne spojke zajedno s lamelnim kočnicama kojima se glavno vreteno stavlja u pogon i zaustavlja. Brzine okretanja glavnog vretena programiraju se samo na producionim i specijalnim glodalicama. Bestepeni prigoni manje se upotrebljavaju u glavnim prigonima glodalica.

Kvalitet površine izratka obrađene glodanjem, kao i površine obrađene tokarenjem, zavisi, među ostalim, o kvalitetu uležištenja glavnog vretena i o njegovoj statičkoj krutosti na progib C_B . Glavna vretena u glodalicama su snažno dimenzionirana i kruta, kako bi mogla prenijeti promjenljivu reznu silu na oštice glodala, bez progiba koji bi utjecao na kvalitet obrađene površine.

Mekhanizam posmičnog prigona. Pogon za posmični prigon ne uzima se od glavnog vretena glodalice nego od pogonske osovine vreteništa glodalice ili od posebnog elektromotora. Takva nezavisnost pogona posmaka potrebna je da bi se uz velike brzine okretanja glavnog vretena pri glodanju glodalima maloga promjera mogli primijeniti mali posmaci, a uz male brzine okretanja glavnog vretena pri glodanju glodalima velikog promjera, veliki posmaci.

Mekhanizam posmičnog prigona sastoji se od višeosovinskog stepenastog prigona sa zupčanicima, koji može biti aritmetički ili geometrijski stepenovan. Brzine posmaka mijenjaju se ručno ili predbiranjem. U posmične prigone ugrađuje se i prigon za brzi hod, čiji smjer hoda može biti jednak ili protivan smjeru kretanja uključenog posmaka. Osim višeosovinskog stepenastog prigona sa zupčanicima upotrebljavaju se za pogon posmaka i bestepeni mehanički prigoni (varijatori), hidraulični prigoni, hidraulično-mehanički prigoni i, konačno, električni bestepeni prigoni.

Najviše se upotrebljavaju konzolne glodalice (sl. 95). Glavna im je značajka da imaju konzolu koja je pokretljiva u vertikalnom



Sl. 95. Konzolne glodalice. a univerzalna konzolna glodalica sa radnim stolom zaokretljivim u horizontalnoj ravni, diobena glava i jahač na radnom stolu; b horizontalna konzolna glodalica s nezaokretljivim radnim stolom; c vertikalno nagibljiva konzolna glodalica s nezaokretljivim radnim stolom i u vertikalnoj ravni nagibljivim glavnim vretenom

kalnom smjeru, a na kojoj se nalazi križni suport pokretljiv u horizontalnom poprečnom smjeru. Na križnom suportu nalazi se radni stol pokretljiv u horizontalnom uzdužnom smjeru. Na taj način izradak koji je upet u radni stol pokretljiv je u tri međusobno okomita smjera. Glavno vreteno miruje u prostoru i izvodi samo glavno rezno kretanje, a radni stol izvodi posmično kretanje.

Konzolne glodalice bez programa izvode se kao univerzalne (v. prilog), horizontalne i vertikalne glodalice. Imaju obično posebni pogonski elektromotor za pogon glavnog vretena ugrađen u donji dio vreteništa (stalca) i posebni pogonski elektromotor za pogon posmaka radnog stola ugrađen u konzolu. Brzine glavnog vretena i posmaka mijenjaju se ručno dok glavni i posmični pogoni miruju. U konzolu je ugrađen i prigon za brzi posmak radnog stola, koji djeluje u sva tri raspoloživa smjera. Podesivim graničnicima isključuju se posmak i brzi hod. Konzolne glodalice bez programa i s ograničenim programom opremaju se raznim pri-borima koji omogućavaju njihovu svestranu upotrebu.

Kvalitet površine obradene glodanjem zavisi mnogo i od kvaliteta prihvata za glodalice. Glodala koja se upinju u glavno vreteno prihvataju se: a) dugim trnovima sa odstojnim puškicama različitih dužina, s Morseovim ili strmim konusom (sl. 96), koji mogu primiti jedno ili više raznih glodalica. Razmak između glodalica održavaju odstojne puškice. Dugi trnovi upinju se jednim krajem u unutarnji konus glavnog vretena, a drugim krajem uležištu se u protuležaj, koji je učvršćen na brvnu univerzalne ili horizontalne glodalice; b) kratkim trnovima sa manjim brojem odstojnih puškica, s uzdužnim ili poprečnim perom za prenos momenta vrtnje, s Morseovim ili strmim konusom (sl. 97); c) kratkim trnovima sa stezničkim čahurama za prihvatanje prstenastih glodalica (sl. 98), s Morseovim ili strmim konusom. Preklopnom maticom i konusom steže se čahura u radijalnom smjeru i upinje prstenasto glodalice; d) kratkim trnovima za prihvatanje reznih glava različitih dimenzija (sl. 99), s Morseovim ili strmim konusom.

Priklučne vretenišne glave upotrebljavaju se samo na univerzalnim konzolnim glodalicama. One omogućavaju da glavno vreteno, na kojem se nalazi glodalice, zauzme osim horizontalnog položaja i vertikalni, odnosno u vertikalnoj ravnini nagnuti položaj ili čak bilo koji položaj u prostoru. Univerzalne glodalice opremaju se vertikalnim, univerzalnim, brzohodnim vertikalnim priključnim vretenišnim glavama i priključnim glavama za dubenje.

Vertikalne priključne vretenišne glave (sl. 100) pričvršćuju se na vertikalne vodilice stalca glodalice. Vretenišne glave primaju pogon od glavnog vretena glodalice, u koje se upinje kratki trn s pogonskim čeonim zupčanicom. Preko čeonog zupčanika središnje osovine i para stožnih zupčanika prima pogon vreteno vertikalne vretenišne glave, u koje se upinje čeono ili prstenasto glodalice. Vertikalna glava može se oko svoje središnje osovine zaokretati za 360° . Tako se glavno vreteno vertikalne glave može nagibati u vertikalnoj ravnini okomitoj na glavno vreteno glodalice. Uležištenjem vretena glave u pinolu omogućen je pomak vretena u smjeru vlastite osi.

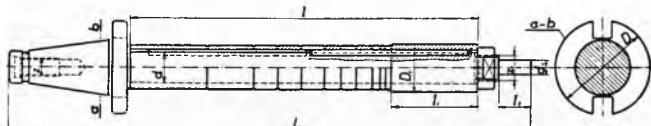
Univerzalne priključne vretenišne glave (sl. 101) učvršćuju se na vertikalne vodilice stalca glodalice. Vreteno glave prima pogon od glavnog vretena glodalice. Univerzalna vreteništa glava i glavno vreteno glave mogu se zaokretati za 360° u dvije međusobno okomite ravnine, tako da vreteno glave može zauzeti bilo koji položaj u prostoru. U vreteno se upinju kratki prihvativni trnovi za prihvatanje čeonih i prstenastih glodalica. Upotrebom konzolnog protuležaja mogu se na dugim trnovima upeti valjkasta i pločasta glodalice.

Brzohodne priključne vretenišne glave pričvršćuju se na vodilice stalca glodalice. Vreteno glave prima pogon od posebnog elektromotora koji je pričvršćen na vretenišnoj glavi. Snaga motora prenosi se na vreteno klinastim remenom. Položaj vretena je vertikalni ili ograničeno nagibljiv u vertikalnoj ravnini. Vreteno je uležišteno u pinolu i time je omogućen pomak vretena u smjeru svoje osi (bušenje).

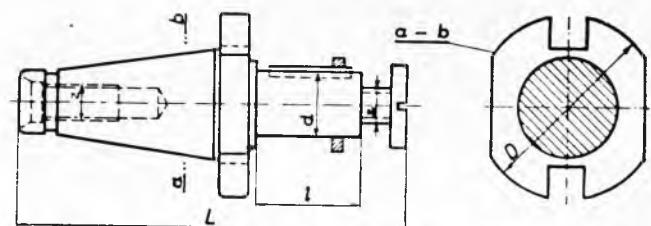
Priklučne glave za dubenje primaju pogon od glavnog vretena glodalice, koje goni jednostavni koljenasti prigon (v. sl. 14e). Ojnice koljenastog prigona vezana je za klizač u koji se upije nož za dubenje. Duljina hoda klizača (noža za dubenje) podešava se promjenom ekscentriteta koljena. Upotrebom priključne

glave za dubenje i zaokretnih stolova pretvara se univerzalna konzolna glodalica u vertikalnu dubilicu.

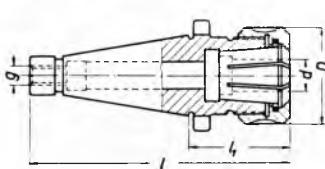
Konzolne glodalice opremaju se strojnim škripcima koji služe za prihvat izradaka. Upotrebljavaju se čvrsti strojni škripci,



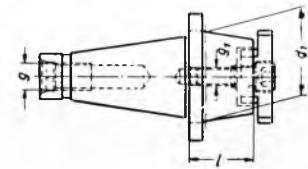
Sl. 96. Dugi trn sa strmim konusom za prihvatanje glodalica s odstojnim puškicama raznih duljina i ležajnom pušicom



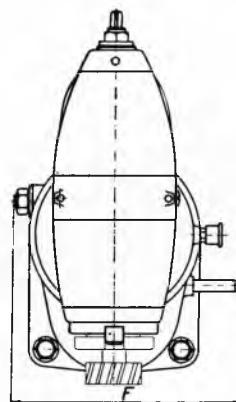
Sl. 97. Kratki trn sa strmim konusom za prihvatanje glodalica s uzdužnim perom



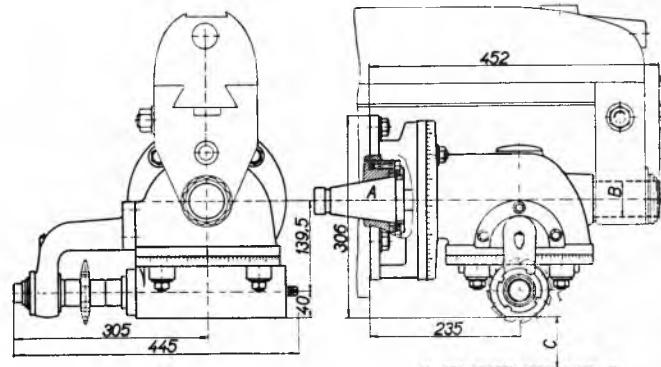
Sl. 98. Kratki trn sa strmim konusom i stezničkim čahurama za prihvatanje prstenastih glodalica



Sl. 99. Kratki trn sa strmim konusom za prihvatanje reznih glava

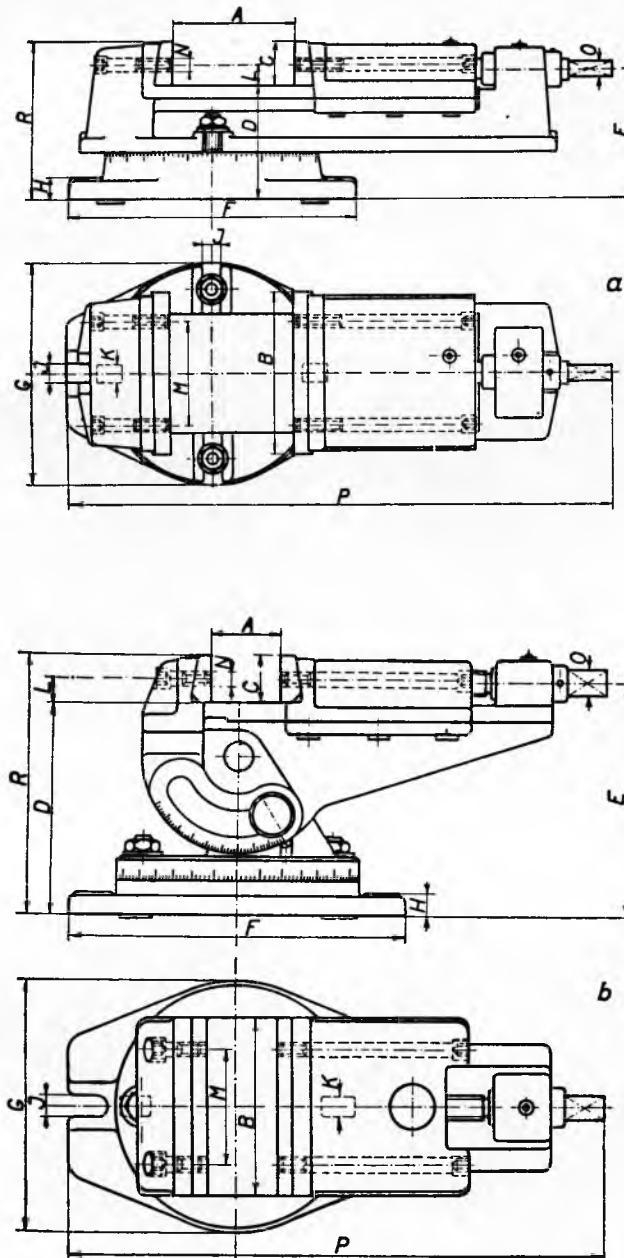


Sl. 100. Vertikalna nagibljiva priključna vretenišna glava s upetim čeonim glodalom



Sl. 101. Univerzalna priključna vretenišna glava s profiliranim pločastim glodalom upetim u dugi trn uležišten u konzolni protuležaj

zaokretni strojni škripci (sl. 102 a) i zaokretni nagibljivi strojni škripci (sl. 102 b), koji se mogu zaokretati oko vertikalne osi za 360° a oko horizontalne osi za otprilike 60° . Čeljusti se stežu ručno navojnim vretenom. Postoje i škripci čije se čeljusti mogu brzo stegnuti krivuljama ili ekscentrom, ili hidrauličnim ili pneumatskim steznim cilindrima. Osim ovih tipiziranih prihvata upotrebljavaju se i razni specijalni prihvati.



Sl. 102. Strojni škripci. a zaokretni strojni škripac, b zaokretni nagibljivi strojni škripac

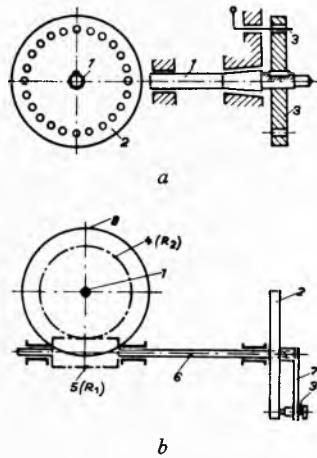
Uredaji za kružno dijeljenje. Pod kružnim dijeljenjem razumijeva se razdioba zadanog kuta (360° ili manje) na zadani broj dijelova. Po postupku razlikuje se neposredno ili direktno dijeljenje od posrednog ili indirektnog dijeljenja. Indirektno dijeljenje može biti: jednostavno posredno dijeljenje, diferencijalno dijeljenje, sumarno dijeljenje i razlomno dijeljenje.

Diobena glava za neposredno ili direktno dijeljenje (sl. 103a) ima na vretenu glave pričvršćenu diobenu ploču sa jednim ili više nizova diobenih koničnih rupa (npr. 16, 24, 36, 42 ili 60). Indeksni svornjak učvršćen na tijelu glave ulazi u diobene rupe. Nakon što se izvuče indeksni svornjak zaokrene se diobena ploča i vreteno zajedno s upetim izratkom za traženu diobu uključi opet indeksni svornjak. Zavisno od upotrebljenog niza diobenih

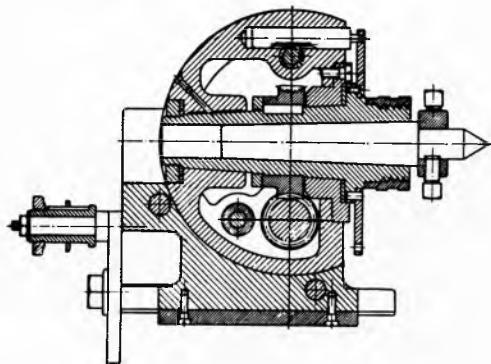
rupa na diobenoj ploči, postiže se na krugu 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 30, 36 ili 60 dioba.

U uredajima za posredno ili indirektno dijeljenje uključen je između vretena, na kojemu je opet izradak, i diobene ploče prenosni mehanizam koji se sastoji od pužnog kola učvršćenog na vretenu i puža na čijoj se osovinu nalazi poluga s indeksnim svornjakom. Šiljak toga indeksa ulazi u rupe diobene ploče, koja je pričvršćena na tijelo diobene glave ili se može okretati oko svoje osi. Diobene glave za jednostavno posredno dijeljenje (sl. 103b) imaju nepokretnu diobenu ploču sa diobenim rupama na raznim promjerima. Diobene ploče se mogu mijenjati. Na njima se nalaze diobeni nizovi sa brojem rupa $L = 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 27, 29, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47$ i 49 . Krak indeksne poluge može se podešiti prema promjeru kruga na kojemu se nalazi pojedini niz diobenih rupa, tako da indeksni svornjak može ući u diobene rupe željenog niza. Jedan okretaj diobenoga vretena 1 postiže se sa z_2/z okretaja puža 5 odnosno poluge 7 indeksnog svornjaka ili samog indeksnog svornjaka 3. (Oznake u formulama za dijeljenje v. na str. 139).

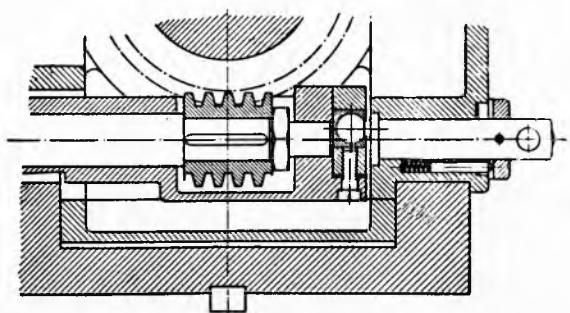
Broj potrebnih okretaja diobene poluge izračunava se iz formule: $n_k = i_p/m$. Ako je puž jednovojan, vrijedi $n_k = z_2/m$. Dobiveni mješoviti broj ili razlomak transformira se na oblik $n_k = U + Z/L$, što znači da se diobena poluga mora zaokrenuti za U punih okretaja, a nakon toga za Z diobenih rupa na nizu L , da bi se na izratku dobilo traženih m dioba. Jednostavnim posrednim dijeljenjem može se postići velik broj dioba. (Primjer: Zadano je $m = 3$, $z_2 = 40$, $z_1 = 1$. Traži se n_k . $n_k = z_2/m = 40/3 = 13\frac{1}{3}$; $n_k = U + Z/L$; proširenje sa 6 daje $n_k = 13 + \frac{6}{16}$.



Sl. 103. Diobene glave. a za neposredno dijeljenje, b za jednostavno posredno dijeljenje. 1 vreteno diobene glave, 2 diobena ploča učvršćena na tijelu glave, 3 indeksni svornjak, 4 diobeno pužno kolo sa z_2 zubi, 5 puž sa z_1 početaka zavoja, 6 osovina puža, 7 poluga indeksnog svornjaka vezana na osovinu puža, 8 izradak



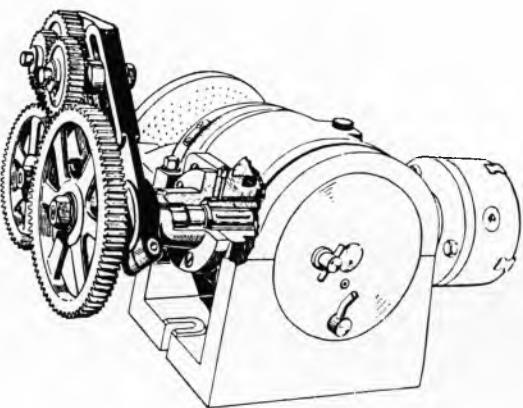
Sl. 104. Presjek kroz vreteno diobene glave



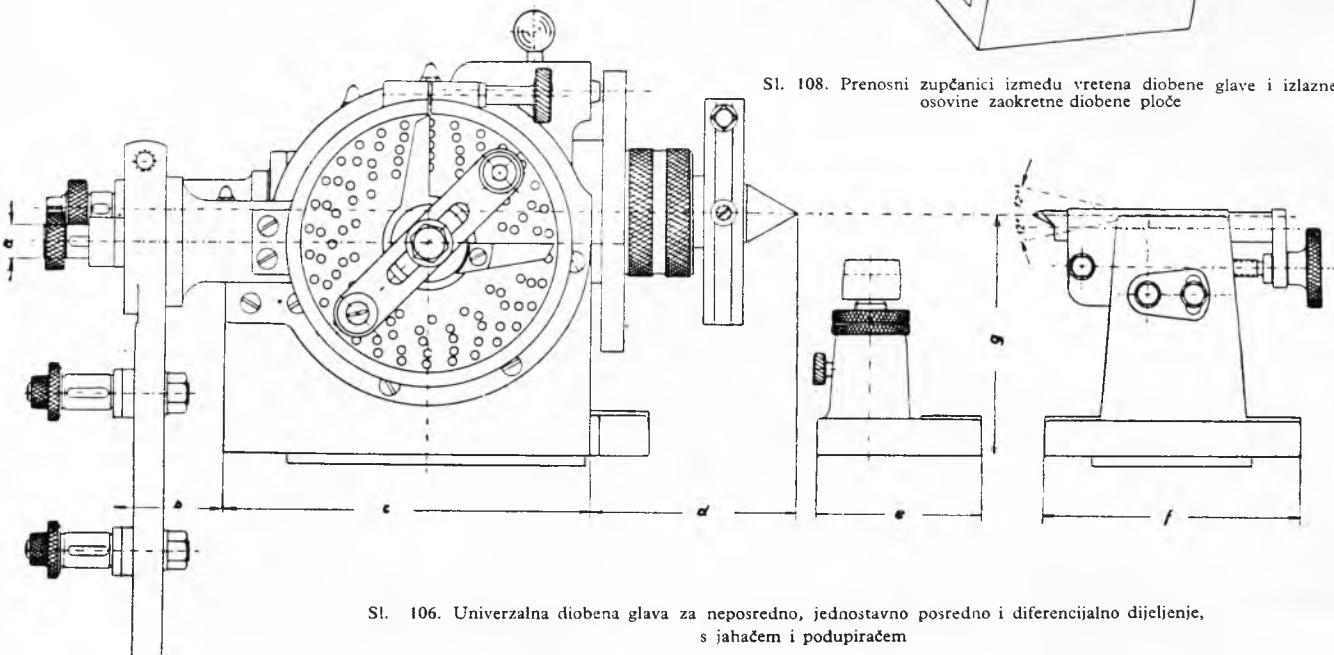
Sl. 105. Presjek kroz osovnu pužu diobene glave

što znači da se za diobu $m = 3$ mora izvršiti sa indeksnom polugom $U = 13$ punih okretaja i polugu na nizu diobenih rupa $L = 18$ dalje zaokrenuti za $Z = 6$ diobenih rupa.) Sl. 104 prikazuje presjek kroz vreteno diobene glave za jednostavno posredno dijeljenje. Na vretenu se nalazi posebna diobena ploča, te se indeksom može izvršiti i neposredno dijeljenje kad se puž isključi iz zahvata s pužnim kolom. Sl. 105 prikazuje presjek kroz puž diobene glave. Zaokretanjem koljenastog sfernog zgloba rastvara se zahvat između puža i pužnog kola prije prelaza na neposredno dijeljenje.

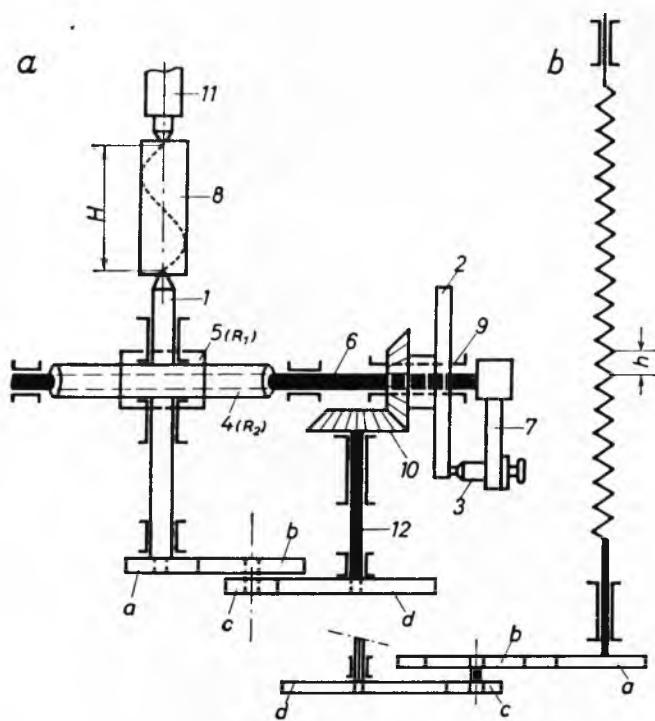
Diferencijalno dijeljenje je najviše upotrebljavani postupak dijeljenja, osobito kad je broj diobe velik, odnosno ako je taj broj



Sl. 108. Prenosni zupčanici između vretena diobene glave i izlazne osovine zaokretne diobene ploče



Sl. 106. Univerzalna diobena glava za neposredno, jednostavno posredno i diferencijalno dijeljenje, s jahačem i podupiračem



Sl. 107. Pogon diobene glave za diferencijalno dijeljenje. a) sprega za diferencijalno dijeljenje, b) sprega za glodanje zavojnica. 1 vreteno diobene glave, 2 izmjenljiva diobena ploča uležištena na šupljoj osovinici 9 okretenoj oko osovine puža 6, 3 indeksni svornjak, 4 diobeno pužno kolo sa z_1 zubi, 5 puž sa z_1 početaka, 6 osovina puža, 7 poluga indeksnog svornjaka vezana za osovinu puža, 8 izradak, 9 šupljja osovinica, 10 prenos stožnim zupčanicima $i = 1 : 1$, 11 jahač, 12 izlazna osovinica stožnog zupčanika; a, b, c i d izmjenljivi diferencijalni zupčanici

prim-broj. Izmjenljive diobene ploče diobenih glava za diferencijalno dijeljenje (sl. 106) nisu pričvršćene na tijelo diobene glave već se mogu, uležištene na posebnoj šupljoj osovinici na kojoj se nalazi stožni zupčanik, okretati oko osovine puža. Za vrijeme dijeljenja okretanjem indeksne poluge 7 (sl. 107) okreće se vreteno 1 i izradak 8 pužnim prenosom (5 i 4). Vreteno diobene glave 1 vezano je preko izmjenljivih zupčanika a, b, c i d s osovinom 12 stožnog zupčanog prenosa 10, i zato se za vrijeme dijeljenja okreće i diobena ploča 2 u tačno određenom odnosu prema vretenu 1. Smjer okretanja diobene ploče zavisi o veličini temeljnog broja diobe m_g u odnosu na stvarno potrebiti broj diobe m . Ako je $m_g < m$, smjer je okretanja ulijevo, ako je $m_g > m$, smjer je udesno. Smjer okretanja diobene ploče podešava se prenosnim zupčanicima a, b, c i d i, prema potrebi, međuzupčanicima (sl. 108). Pri diferencijalnom dijeljenju na m dioba bira se najprije temeljni diobeni broj m_g koji je različit od m . Potrebni broj okretaja indeksne poluge za m_g dioba dobiva se iz $n_k = z_2/z_1 m_g$ ili iz $n_k' = z_2/m_g$ pod pretpostavkom da je $z = 1$ ako diobena ploča miruje. Stvarni zaokret vretena diobene glave iznosi za jednu stvarno traženu diobu $n_1 = 1/m$. Prenosnim zupčanicima a, b, c i d zaokreće se diobena ploča 2, koju tijera vreteno, u odnosu $n_1 = a c/b d m$. Stvarni broj zaokreta indeksne poluge prema diobenoj ploči koja se okreće za vrijeme dijeljenja iznosi $n_k' = z_2/z_1 m_g + a c/b d m$. Vrijedi i nadalje $n_k = z_2/z_1 m$, dakle $z_2/z_1 m = z_2/z_1 m_g + a c/b d m$.

Potrebni prenosni odnos izmjenljivih zupčanika dobiva se iz

$$i_z = a c/b d = z_2(m_g - m)/z_1 m_g,$$

dok se broj potrebnih okretaja indeksne poluge izračunava iz $n_k = z_2/z_1 m_g = U + Z/L$.

Primjer: Zadano je $m = 127$, $z_2 = 60$, $z_1 = 1$. Traži se n_k' i i_z . Izabrano $m_g = 120$.

$$n_k' = z_2/z_1 m_g = 60/(1 \cdot 120) = 1/2, \quad n_k = U + Z/L = 1/2 = 9/18, \\ i_z = a c/b d = z_2(m_g - m)/z_1 m_g = 60(120 - 127)/(1 \cdot 120) = -7/2.$$

Prema tome na diobenoj ploči sa diobenog niza $L = 18$ uzima indeks za vrijeme dijeljenja po 9 diobenih rupa. Prenosni odnos zupčanika jednak je $i_z = a/c/b/d = 70 \cdot 60/(40 \cdot 30) = 7/2$. Lijevi smjer okretanja diobene ploče osiguran je prenosnim zupčanicima pa nije potreban dodatni međuzupčanik. Da se izabralo $m_g = 135$, bilo bi $n_k = 8/18$, a $i_z = + 32/9 = 80 \cdot 100/(25 \cdot 90)$ i bio bi potreban međuzupčanik zbog desnog hoda diobene ploče.

Pri *sumarnom dijeljenju* (sl. 109) upotrebljavaju se diobene glave čije se diobene ploče mogu okretati oko osovine puža. Upotrebljavaju se dvije diobene ploče s različitim nizovima diobenih rupa L_1 i L_2 . Obje diobene ploče su jedna s drugom čvrsto povezane. U tijelu glave nalazi se protuindeksni svornjak 14 koji je visinski podesiv. Broj potrebnih dioba određuje se iz $n_k' = z_2/z_1 m$. Dobiveni razlomak se pretvori u zbroj ili razliku dvaju razlomaka tako da se izabrani brojnicici mogu kratiti sa nazivnicima. Pojedinačnim proširivanjem obaju razlomaka do nazivnika koji odgovara nizovima diobenih rupa L_1 i L_2 dobivaju se vrijednosti dioba n_{k_1} i n_{k_2} na pojedinim nizovima diobenih rupa L_1 i L_2 : $n_k = n_{k_1} \pm n_{k_2} = Z_1/L_1 \pm Z_2/L_2$.

Pri dijeljenju se zaokrene indeksna poluga 3 za Z_1 diobenih rupa na nizu L_1 pri nepomicnoj diobenoj ploči 2, učvršćenoj protuindeksnim svornjakom 14, i opet uključi indeksni svornjak 3. Zatim se isključi protuindeksni svornjak 14 i diobena ploča 2 zajedno s uključenom indeksnom polugom 7 zaokrene za Z_2 diobenih rupa na nizu L_2 . Nakon što je protuindeks uključen, dioba je izvršena.

Pri *razlomnom dijeljenju* broj potrebnih dioba m rastavlja se u faktore koji su sadržani u prenosnom odnosu pužnog prenosa i_p i u broju diobenih rupa dviju raznih diobenih ploča L_1 i L_2 , koje ne sadrže u sebi zajednički faktor. Tada je $m = i_p L_1 L_2$. Obje diobene ploče se čvrsto međusobno povezuju. Indeksnom polugom dijeli se od *diobene rupe* niza L_1 , i to i_p puta, uslijed čega će na izratku nastati $i_p \cdot L_1$ dioba. Zatim se isključi indeks iz rupe niza L_2 i zaokrene diobena ploča za $1/L_2$ kruga. Time je na izratku između već izrađenih dioba fazno pomaknut zahvat alata za $1/L_2$ dijela takve postojeće diobe iz niza L_1 . Nastavlja se dioba iz niza L_1 , što daje ponovo $i_p L_1$ dioba, ali sada pomaknutih za $1/L_2$. Dijeljenje se ponavlja sve dotle dok se ne upotrijebi sve rupe niza diobenih rupa L_2 .

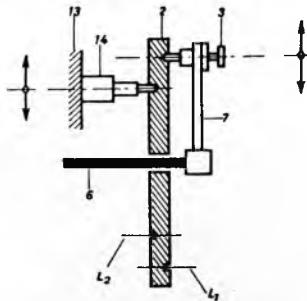
Osim ručnih diobenih glava upotrebljavaju se diobene glave za automatsko dijeljenje i optičke diobene glave tačne na $10''$.

U prednjim izrazima znači: a, b, c i d broj zubi izmjenljivih zupčanika; i_p prenosni odnos pužnog prenosa ili prenosni odnos u diobenoj glavi; i_z prenosni odnos izmjenljivih zupčanika a, b, c i d ; L, L_1, L_2 broj diobenih rupa nizova na diobenim pločama; m broj dioba na izratku; m_g temeljni broj dioba; n_k, n_{k_1}, n_{k_2} broj okretaja poluge indeksnog svornjaka; n_k' broj okretaja poluge indeksnog svornjaka kod diferencijalnih dijeljenja pod pretpostavkom da diobena ploča miruje; n_1 zaokret vretena za jednu diobu izratka; U broj punih okretaja poluge indeksnog svornjaka; Z, Z_1 i Z_2 broj rupa za dijeljenje u nizu L , z_1 broj zavoja (početaka) puža; z_2 broj zubi pužnog kola.

Za kružno dijeljenje, a također za obično kružno glodanje, služe *zaokretni stolovi*. Ploča zaokretnog stola providena je T-utorima. U središtu ploče nalazi se konični provrt koji služi za tačno centriranje prihvavnih uređaja. Na zaokretnu ploču pričvršćeno je pužno kolo, koje je spregnuto s podesivim pužem čija osovina izlazi iz kućišta zaokretnog stola.

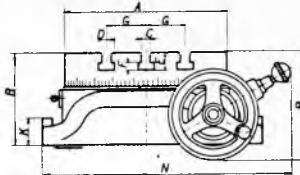
Ručni zaokretni stolovi (sl. 110) i ručni diobeni zaokretni stolovi (sl. 111) pokreću se rukom. Univerzalne zaokretne stolove sa strojnim pogonom (sl. 112) pokreće pogonski mehanizam uzdužnog hoda radnog stola konzolne glodalice. Pogon se prenosi na izmjenljive zupčanike prigona (promjena posmaka), koji je

pričvršćen na čeonu plohu uzdužnog stola. Iz prigona izlazi zglobna osovina koja preko dvostrukog stožnog prigona (reverzionog prigona) ugradenog u zaokretni stol goni puž i pužno kolo zaokretne ploče. Pogon se uključuje polugom koja ukopčava čeljusne spojke dvostrukog stožnog prigona i na kojoj se nalaze dva izdanka za iskopčavanje. Na obodu okretne ploče nalazi se podesivi graničnik kojim se može automatski isključiti zaokretni hod ploče dodirom graničnika s izdancima poluge za ukopčavanje. Univerzalni zaokretni stol može poslužiti i kao obični ručni zaokretni stol i kao ručni diobeni stol.

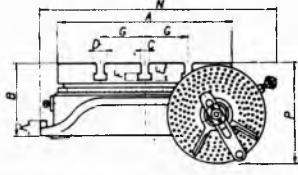


Sl. 109. Indeksna poluga i protuindeks pri sumarnom dijeljenju. 2 diobena ploča s različitim nizovima diobenih rupa L na objema stranama ploča, 3 indeksni svornjak, 6 osovina puža, 7 indeksna poluga, 13 tijelo diobene glave, 14 protuindeksni svornjak visinski podesiv

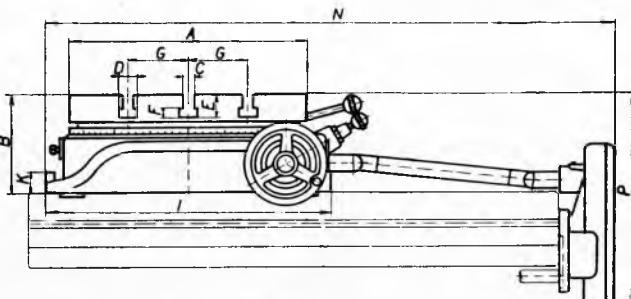
deksna poluga 3 za Z_1 diobenih rupa na nizu L_1 pri nepomicnoj diobenoj ploči 2, učvršćenoj protuindeksnim svornjakom 14, i opet uključi indeksni svornjak 3. Zatim se isključi protuindeksni svornjak 14 i diobena ploča 2 zajedno s uključenom indeksnom polugom 7 zaokrene za Z_2 diobenih rupa na nizu L_2 . Nakon što je protuindeks uključen, dioba je izvršena.



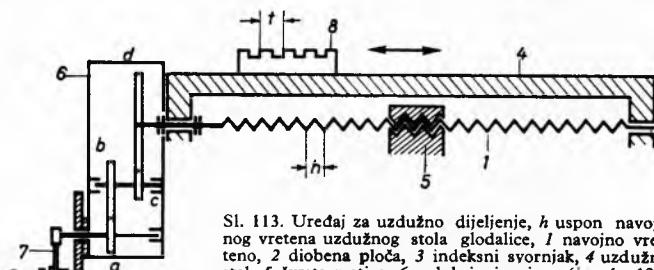
Sl. 110. Ručni zaokretni stol



Sl. 111. Ručni diobeni zaokretni stol



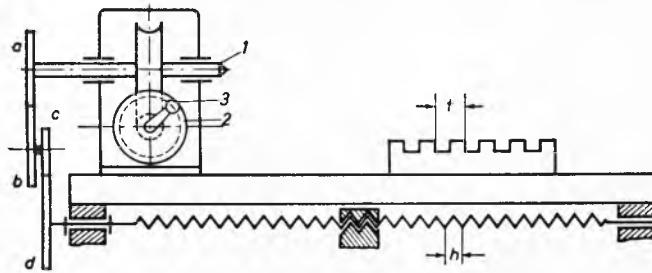
Sl. 112. Univerzalni zaokretni stol s mehaničkim pogonom



Sl. 113. Uredaj za uzdužno dijeljenje, h uspon navojno vretena uzdužnog stola glodalice, 1 navojno vreteno, 2 diobena ploča, 3 indeksni svornjak, 4 uzdužni stol, 5 čvrsta matica, 6 redukciona priga ($i = 1 : 10$), 7 indeksna poluga, 8 izradak

Uredaji za uzdužno dijeljenje (sl. 113) primjenjuju se pri glodanju zubnih motki i sličnih izradaka. Pri svakoj diobi uzdužni stol 4 mora se pomaknuti za određenu diobu t . Posebni uređaji za uzdužnu diobu priključuju se na navojno vreteno uzdužnog stola glodalice. Oni se sastoje od redukcionog prigona 6 prenosnog odnosa $i = a/c/b/d = 1 : 10$ i čvrste diobene ploče 2 na kojoj se nalazi $p = 10 h$ diobenih rupa, gdje je h uspon posmičnog navoja vretena. Jedna dioba na diobenoj ploči pomiče dakle radni stol za dužinu $i/h/p = 0,1 h = 0,01$ mm. Prema tome kod uzdužne diobe t indeksni svornjak 3 mora na diobenoj ploči 2 proći 100 t diobenih rupa. Indeksna poluga 7 okrenut će se $n_k = 100 t/p$ puta.

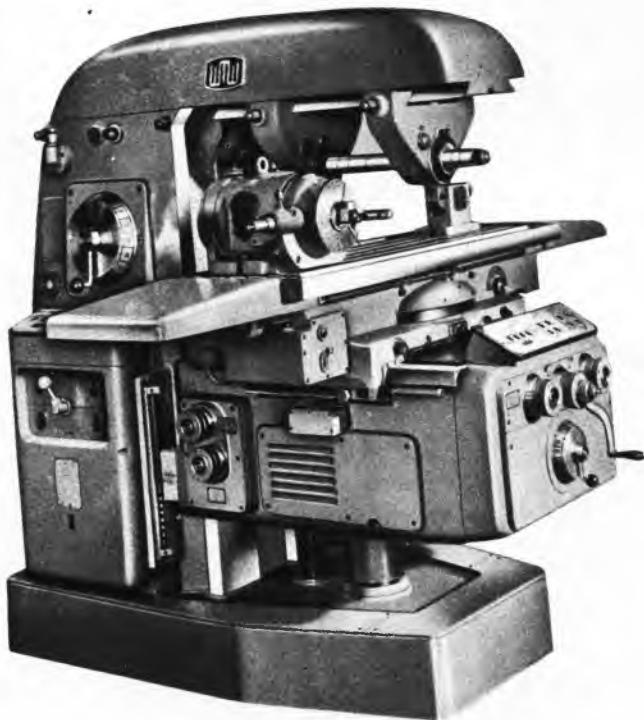
Uzdužno se može dijeliti pomak radnog stola glodalice i pomoću diobene glave za jednostavno posredno dijeljenje (sl. 114) ako se vreteno diobene glave 1 poveže preko izmjenljivih zupčanika a, b, c i d s navojnim vretenom uspona h. Označi li se sa i_p prenosni odnos unutar diobene glave, sa $i_z = ac/bd$ prenosni odnos izmjenljivih zupčanika, bit će dioba na izratku $t = i_z h n_k i_p$, a potrebnii broj okretaja indeksne poluge $n_k = t/h i_p i_z$. Vrijednosti za t , h i i_p određene su zadatkom i glodalicom, a mogu se birati n_k ili i_z .



Sl. 114. Uzdužno dijeljenje s pomoću diobene glave za jednostavno posredno dijeljenje. 1 vreteno diobene glave, 2 čvrsta diobena ploča, 3 indeksni svornjak

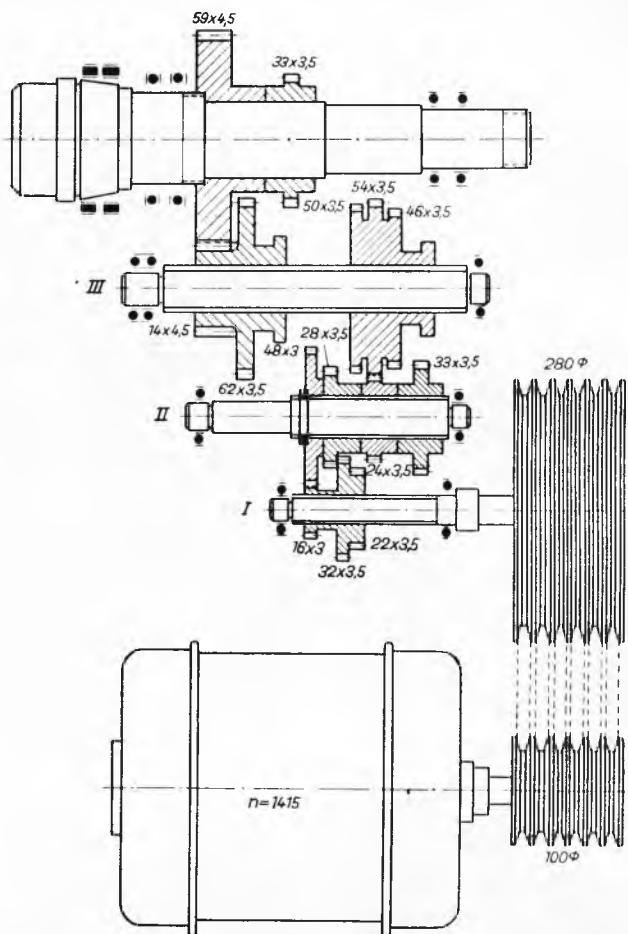
Uređaji za glodanje zavojnica. Na konzolnim glodalicama mogu se glodati zavojnici na cilindričnim izracima (puž, navojno vreteno, zupčanik s kosim ozubljenjem) s pomoću univerzalne diobene glave na kojoj se diobena ploča može okretati oko osovine puža (sl. 107 b). Izmjenljivi zupčanici a, b, c i d povezuju posmično navojno vreteno radnog stola uspona h s izlaznom osovinom 12 diobene glave koja okreće diobenu ploču 2 i preko indeksnog svornjaka 3, poluge 7 i pužnog prenosa vreteno diobene glave 1 s izratkom 8, na kojem se glodanjem izrađuje zavojnica uspona H. Izmjenljivi prenosni zupčanici se izračunavaju prema formuli $i_z = ac/bd = h/H i_p$, gdje je i_p prenosni odnos unutar diobene glave. Kod viševojnih zavojnica dijeljenje se može provesti pomoću diobene ploče 2 i indeksnog svornjaka 3 jednostavnim posrednim dijeljenjem. Prilikom dijeljenja aretira se pokretna diobena ploča.

Konzolne glodalice s ograničenim programom, koje se izvode kao horizontalne, vertikalne ili univerzalne glodalice (sl. 115) mogu raditi s programom posmičnog i brzog kretanja radnog stola u sva tri raspoloživa smjera i bez tog programa. Pogonska



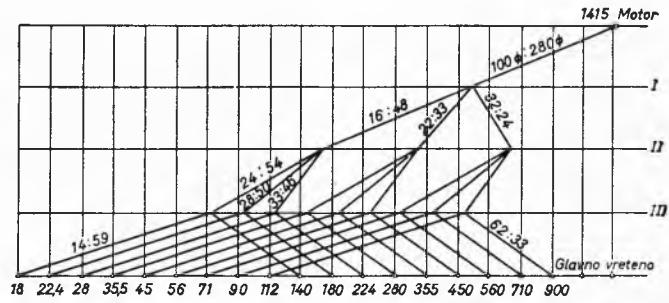
Sl. 115. Univerzalna konzolna glodalica s ograničenim programom za normalno glodanje, preskočno glodanje, njihalno glodanje i okvirno glodanje. Veličina stola 355 x 1250 mm, snaga pogonskog motora 7 kW

ulazna osovina prima pogon od elektromotora direktno ili preko klinastih remena ili preko plosnog remena. Pogon prelazi dalje na zupčanike vreteništa direktno ili preko električne lamelne spojke i kočnice. Radi istosmjernog i protusmjernog glodanja može se



Sl. 116. Shematski prikaz vreteništa konzolne glodalice (sl. 115) za 18 brzina. Područje broja okretaja $B = 50$, stepenasti skok $\varphi = 1,25$

u vreteništu ugraditi reverziona dvostruka električna spojka ako se ne želi mijenjati smjer okretanja pogonskog motora. Sl. 116 prikazuje shematski vretenište konzolne glodalice na čijoj se pogonskoj osovini nalazi elektromagnetska lamelna spojka (kočnica) koja u momentu zaustavljanja pogona zakoči cijelo vretenište. Nakon dvije sekunde kočnica se automatski otkoči. Vretenište daje preko dvostrukog vezanog trostepenog zupčanog prigona 9 brzina, koje dvostepeni prenos pretvara u 18 brzina na glavnom vretenu od 18 do 900 o/min, odnosno od 28 do 1400 o/min, pri stepenastom skoku $\varphi = 1,25$. Područje je okretaja $B = 50$. Dijagram brzina glavnog vretena prikazan je na sl. 117. Promijeni li se pre-

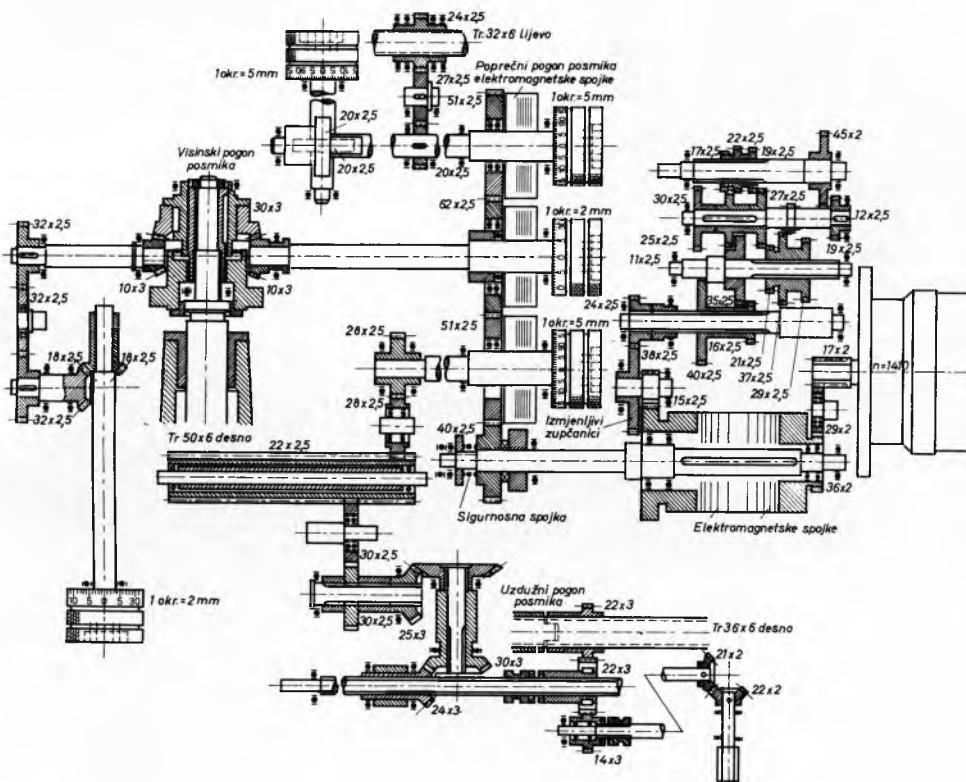


Sl. 117. Dijagram brzina vreteništa konzolne glodalice (sl. 116)

nos između elektromotora i pogonske osovine (promjenom promjera remenice), cijelo područje broja okretaja pomiče se od 18...900 o/min na 22,4...1120 o/min, 28...1400 o/min, 35...1800 o/min.

Program obuhvaća u vreteništu samo kočenje glavnog vretena s pomoću elektromagnetske kočnice na pogonskoj osovini.

Konzola ima svoj vlastiti pogonski elektromotor (sl. 118) koji je preko zupčanika vezan na 18-stepeni posmični zupčani



Sl. 118. Posmični prigon konzolnih glodalica ugraden u konzolu

prigon, čiji se izlazni zupčanik ($15 \times 2,5$) spreže sa zupčanicom ($54 \times 2,5$) dvostrukе elektromagnetske lamelne spojke. Pogonski motor je s druge strane preko međuzupčanika (29×2) vezan za drugi zupčanik (36×2) dvostrukе lamelne spojke. Tako ukopčana lijeva strana elektromagnetske spojke daje posmak, a uključena desna strana daje brzi hod radnog stola. Pogon iz dvostrukе elektromagnetske spojke prelazi, preko podesive sigurnosne spojke koja ograničava moment vrtnje, na tri zupčanika ($51, 62, 51$) koji su međusobno spregnuti u seriju. Svaki od ova tri zupčanika vezan je preko elektromagnetskih lamela spojki na tri različite osovine. Prva osovina preko niza zupčanika vezana je za posmično navojno vreteno radnog stola ($Tr 36 \times 6$), druga osovina vezana je za vertikalno navojno vreteno ($Tr 50 \times 6$) kojim se konzola diže i spušta, a treća je osovina preko međuzupčanika vezana za poprečno posmično navojno vreteno ($Tr 32 \times 6$).

U konzolu ugradene elektromagnetske spojke za sva tri kretanja radnog stola, ugrađena dvostruka lamelna elektromagnetska spojka za normalni posmak i brzi hod u istom smjeru, i u vreteništu ugrađena elektromagnetska lamelna kočnica omogućuju uz reverzionali hod glavnog pogonskog motora vreteništa (istosmjerno i protusmjerno glodanje) i pogonskog motora konzole (mijenjanje smjera posmaka i brzog hoda) sastavljanje ograničenog programa rada pri glodanju i ručno upravljanje radom gredalice električnim putem.

Ručno upravljanje postiže se pritiskom na pojedina tipkala s pomoću kojih se električnim putem preko odgovarajućih elektromagnetskih spojki konzole uključuje uzdužni posmak radnog stola udesno ili ulijevo, brzi uzdužni hod stola udesno ili ulijevo, popriječni posmak naprijed ili natrag, brzi popriječni hod naprijed ili natrag, visinski posmak gore ili dolje, brzi visinski hod gore ili dolje i, konačno, zaustavljanje cijelog pogona. Programsko upravljanje postiže se uključivanjem izbornih sklopki i podešavanjem graničnika. Prvom izbornom sklopkom bira se: normalni hod stola u jednom od tri smjera, okvirni hod stola u horizontalnoj ravnnini, okvirni hod stola u vertikalnoj ravnnini. Drugom izbornom

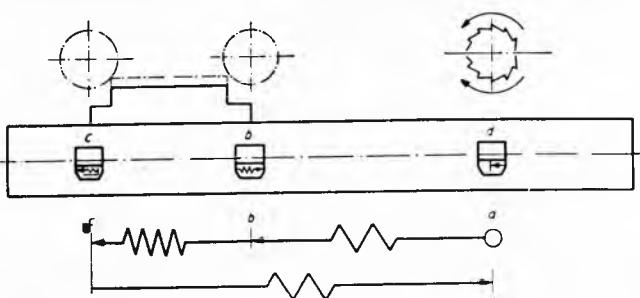
sklopkom bira se režim rada glavnog vretena: okretanje glavnog vretena pri brzom hodu radnog stola s uključenom dobavom sredstva za hlađenje, mirovanje glavnog vretena pri brzom hodu radnog stola s uključenom dobavom sredstva za hlađenje, okretanje

glavnog vretena pri brzom hodu stola bez uključenog hlađenja, mirovanje glavnog vretena pri brzom hodu stola bez uključenog hlađenja. Trećom izbornom sklopkom bira se: rad stola pri uključenom uređaju za uklanjanje zračnosti u navojnom vretenu (istosmjerno gledanje) s uključenim uređajem za spuštanje stola pri povratnom hodu, rad stola pri isključenom uređaju za istosmjerno gledanje s uključenim uređajem za spuštanje stola pri povratnom hodu, rad stola pri uključenom uređaju za istosmjerno gledanje s isključenim uređajem za spuštanje stola, rad stola pri isključenom uređaju za istosmjerno gledanje i isključenom uređaju za spuštanje stola pri brzom povratnom hodu stola. Četvrta izborna sklopka određuje: desni hod glavnog vretena, lijevi hod glavnog vretena, protusmjerno nijihalno gledanje, istosmjerno nijihalno gledanje. Peta izborna sklopka određuje: okretanje glavnog vretena uz nepomični radni stol, okretanje glavnog vretena uz kretanje radnog stola u sva tri raspoloživa smjera. Podesivim graničnicima određuje se duljina hoda radnog stola u sva tri smjera. Graničnici djeluju na granične sklopke i vrše

ove funkcije: pretvaranje brzog hoda u posmično kretanje u istom smjeru, pretvaranje posmičnog kretanja u brzi povratni hod u protivnom smjeru, pretvaranje posmičnog kretanja u brzi hod u istom smjeru, zaustavljanje kretanja radnog stola.

Uključivanjem pojedinih izbornih sklopki i razmještajem pojedinih graničnika ostvaruju se ovi automatizirani radni ciklusi: normalno glodanje (desno ili lijevo), preskočno glodanje (desno ili lijevo), plosno njihalno glodanje, dubinsko njihalno glodanje, plosno okvirno glodanje u horizontalnoj ravnini, dubinsko okvirno glodanje u horizontalnoj ravnini, plosno okvirno glodanje u vertikalnoj ravnini, dubinsko okvirno glodanje u vertikalnoj ravnini. Radni ciklusi ograničenog programa rada su automatizirani, što znači da se nakon ručnog uključivanja odvija cijeli programirani radni ciklus automatski i stol se vraća u svoj početni položaj, gdje se zaustavlja. Nakon izmjene izrata glodalica se ponovo upućuje u rad, osim pri njihalnom glodanju, gdje se stol neprekidno kreće a izraci se mijenjaju za vrijeme kretanja radnog stola.

Normalno gledanje (sl. 119) radni je ciklus u desnom ili lijevom smjeru pri kojem nakon upućivanja (tačka *a*) izradak prilazi gledalu u brzom hodu do graničnika *b*, gdje se uključuje posmak pod kojim se stol dalje kreće do graničnika *c*. Dodirom graničnika *c*

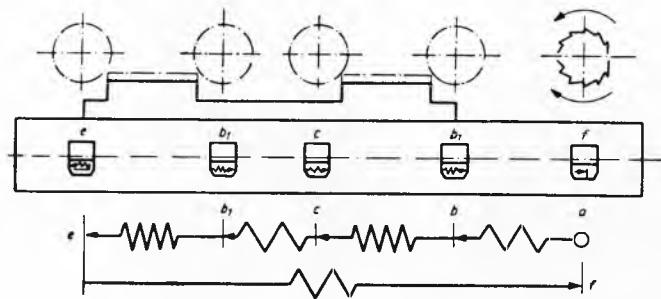


Sl. 119. Normalno glodanje desno (obrnuti smjer »lijevo«)

i granične sklopke uključuje se brzi povratni hod do graničnika *d* koji stol zaustavlja. *Preskočno glodanje* (sl. 120) u desnom ili lijevom smjeru razlikuje se od normalnog glodanja samo po tome što se nekoliko puta pri glodanju uključuje i isključuje brzi hod u smjeru posmičnog kretanja. Time se skraćuje glavno vrijeme obrade. Nakon uključivanja stol ide brzim hodom do graničnika *b*, po-

niku *f*, koji uključuje izlazni uzdužni posmak udesno do graničnika *b*. Uključenim brzim povratnim hodom stol dolazi do graničnika *g*, gdje se zaustavlja.

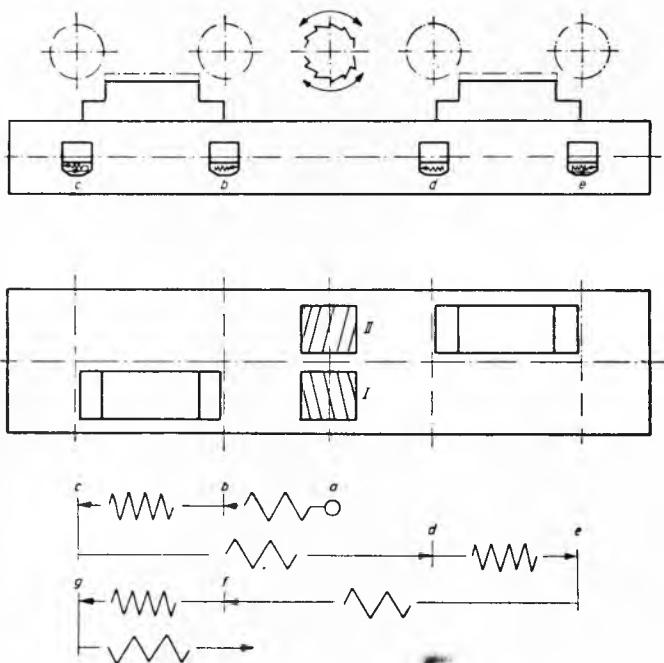
Uredaj za uklanjanje zračnosti u navojnom vretenu uzdužnog stola uklanja zračnost između navojnog vretena uzdužnog stola i njegove matice za vrijeme istosmernog glodanja, kako bi se



Sl. 120. Preskočno glodanje desno (obrnuti smjer → lijevo)

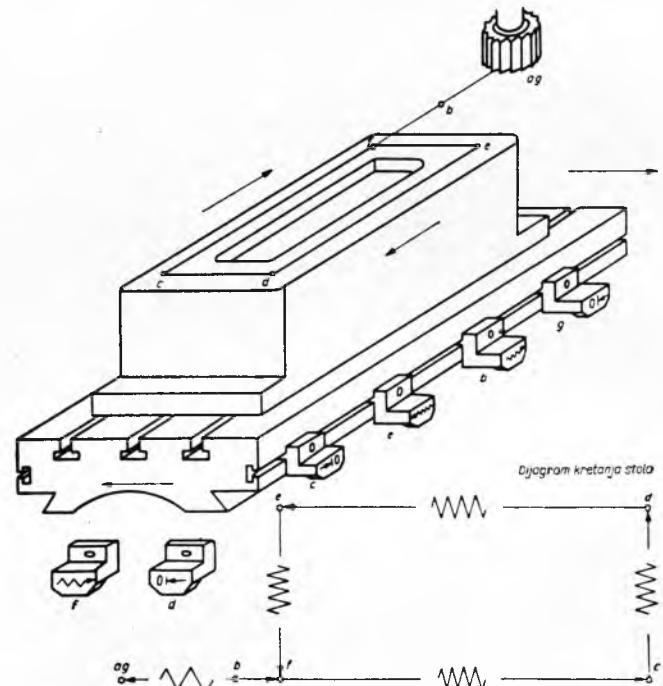
smakom do graničnika *c*, brzim hodom do *b*, posmakom do *e*, gdje se uključuje brzi povratni hod do graničnika *f* koji stol zaustavlja. *Plosno nijalno glodanje* (sl. 121) je automatizirani neprekidni radni ciklus pri kojem nakon uključivanja radni stol s izrakom prilazi glodalju brzim hodom udesno do graničnika *b*, posmakom do graničnika *c*, brzim povratnim hodom ulijevo do graničnika *d*, posmakom do graničnika *e*, brzim povratnim hodom udesno do graničnika *b*, posmakom udesno do graničnika *c* itd. Za vrijeme glodanja jednog izrakta (na stolu se nalaze uvijek dva izrakta) radnik mijenja drugi već obrađeni izradak. Time se znatno skraćuje temeljno vrijeme rada. *Okvirno glodanje* je radni ciklus s programiranim hodom stola u dva smjera, bilo u horizontalnoj bilo u vertikalnoj ravnini. Pri dubinskom okvirnom glodanju programira se hod radnog stola i u trećem smjeru.

Plosno okvirno glodanje u horizontalnoj ravnini (sl. 122) radni je ciklus pri kojem nakon upućivanja stol u brzom hodu prilazi glodalju do graničnika *b*, gdje se uključuje posmak udesno

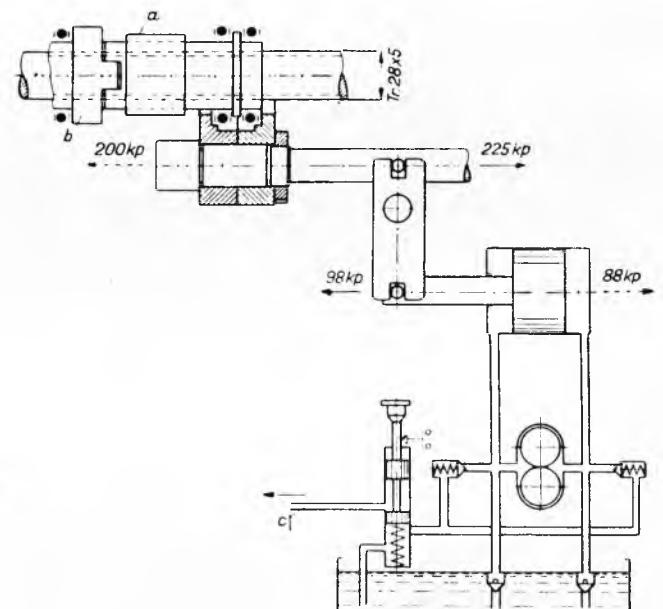


Sl. 121. Nijalno glodanje

do graničnika *c*. Ovdje se zaustavlja uzdužni posmak i uključuje automatski poprečni posmak do graničnika *d*. Slijedi ponovno prekopčavanje iz poprečnog posmaka u uzdužni posmak ulijevo do graničnika *e*, gdje se uključuje poprečni posmak do granič-



Sl. 122. Okvirno plosno glodanje u horizontalnoj ravni

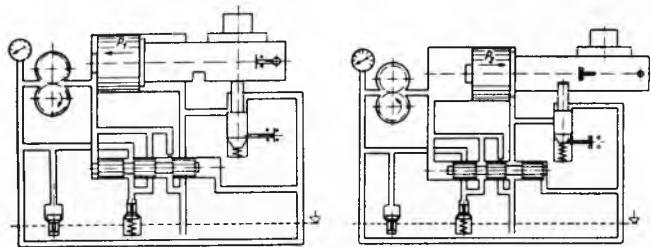


Sl. 123. Hidraulični uređaj za uklanjanje aksijalne zračnosti u sprezi posmičnog navojnog vretena s maticom stola. *a* pomoći dio matice, *b* čvrsti dio matice, *c* podmazivanje

sprječilo da promjenljiva horizontalna komponenta rezne sile i sila trenja u vodilicama uzdužnog stola (koju izaziva vertikalna promjenljiva komponenta) uzrokuju podrhtavanje radnog stola. Zračnost između matice i navojnog vretena uklanja se upotrebom dviju matica koje se mogu u aksijalnom smjeru podešavati. Hidraulični uređaj za uklanjanje zračnosti (sl. 123) pomiciće u aksijalnom smjeru posebnim hidrauličnim cilindrom preko dvostrane poluge i obuhvatne kulise pomoći dio dvostrukе matice navojnog vretena stola. Oba dijela matice međusobno su povezana čeljusnom spojkom i ne mogu se jedan prema drugom okretati. Aksijalnim

pomakom pomičnog dijela matice uklješte se oba boka navoja vretena između desnog boka navoja jednog i lijevog boka navoja drugog dijela dvostrukе maticе i tako se ukloni zračnost. Posebna zupčana pumpa tiska ulje u cilindar. Smjer pomaka matice zavisi o smjeru okretanja pumpe. Uredaj se uključuje samo za vrijeme istosmјernog glodanja i isključuje se pri protusmјernom glodanju i pri brzom hodu stola, radi smanjenja utroška rada pri kretanju stola i radi smanjenja habanja navoja na vretenu i u maticama.

Uredaj za spuštanje radnog stola pri povratnom brzom hodu spušta stol za otprilike 0,5 mm i omogućuje da rezna oštrica glo-



Sl. 124. Hidraulički uređaj za spuštanje i dizanje radnog stola u radni položaj ($t \approx 0,5$ mm). a stanje pri spuštenoj konzoli, b stanje pri uzdignutoj konzoli

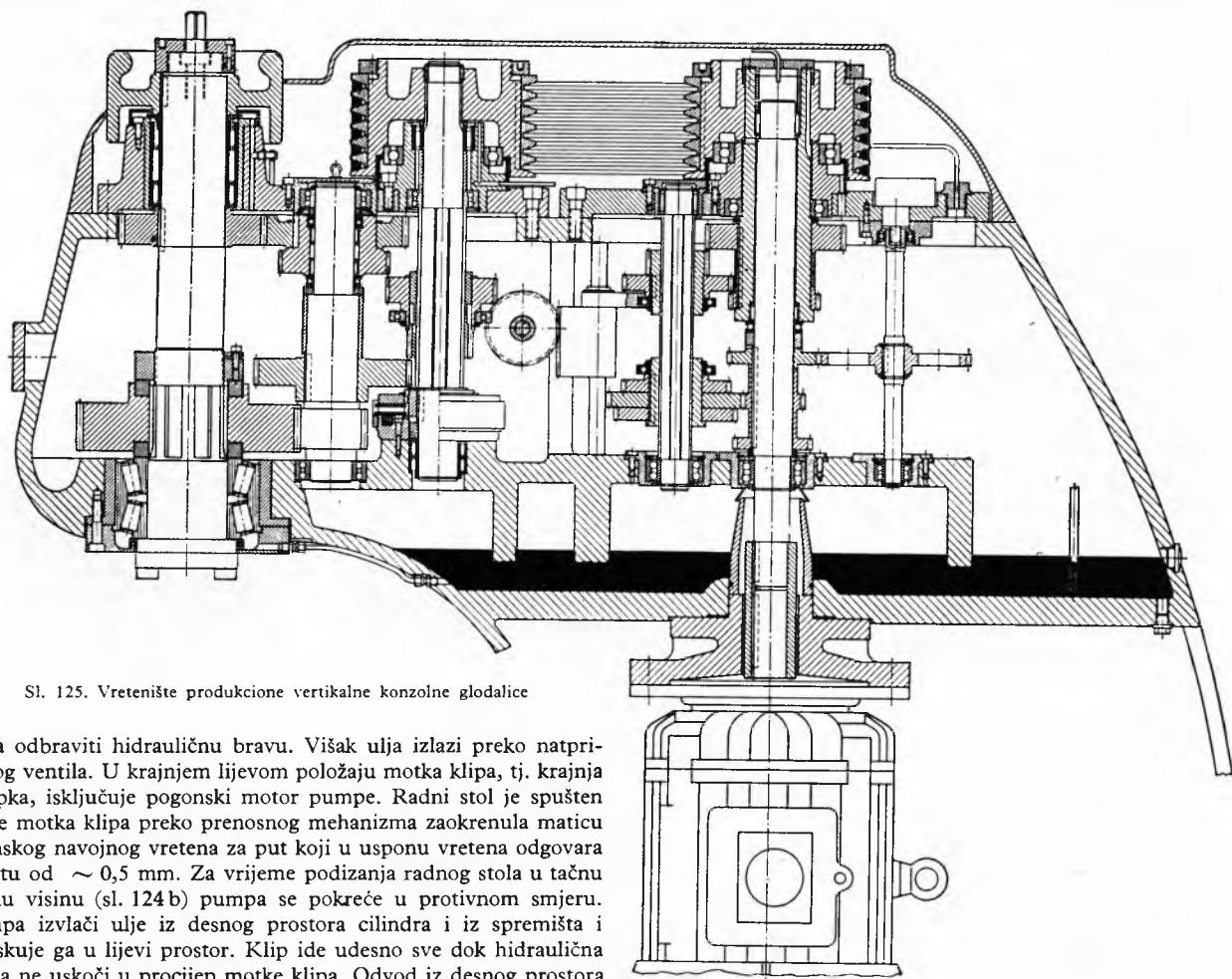
dala pri povratnom brzom hodu pređe iznad već obradene površine izratka. Time se sprečava oštećenje obrađene plohe. Hidraulički uređaj za spuštanje radnog stola (sl. 124 a) ima svoju vlastitu zupčanu pumpu koja pri spuštanju potiskuje ulje iz lijevog prostora cilindra u desni, pri čemu će prije početka kretanja

klip može opet ulijevo. Hidraulična brava osigurava da se stol vrati tačno u svoj početni položaj.

Producione konzolne glodalice s punim programom izvode se samo kao horizontalne i vertikalne glodalice. Produciona horizontalna konzolna glodalica s punim programom hoda radnog stola prikazana je na slici u prilogu. Ona može raditi kao obična konzolna glodalica s ručnim i električnim upravljanjem, s ograničenim programom s pomoću izbornih sklopaka i podešivih graničnika, i konačno s punim programom. Program se mehanički memorira bušenim karticama koje služe za podešavanje utikačkog polja (v. revolversku tokarilicu na sl. 87) i izmjenljivim urebrenim poljima sa čvrsto podešenim graničnicima za sva tri smjera kretanja stola.

Vretenište producione vertikalne konzolne glodalice prikazuje sl. 125. Pogonska osovina direktno spojena s osovinom motora preko predložne osovine daje remenici na izlazu 6 brzina. Ulazna osovina na kojoj se nalazi proturemenica daje preko predložne osovine glavnem vretenu ukupno 12 brzina. Na ulaznoj osovini nalazi se elektromagnetska lamelna kočnica kojom se zaustavlja kretanje glavnog vretena prema programu rada. Područje brojeva okretaja B iznosi 45,5. Prvi red okretaja ide od 22 do 1000 o/min pri pogonskoj snazi od 10 kW, a drugi od 33 do 1500 o/min pri snazi od 15 kW.

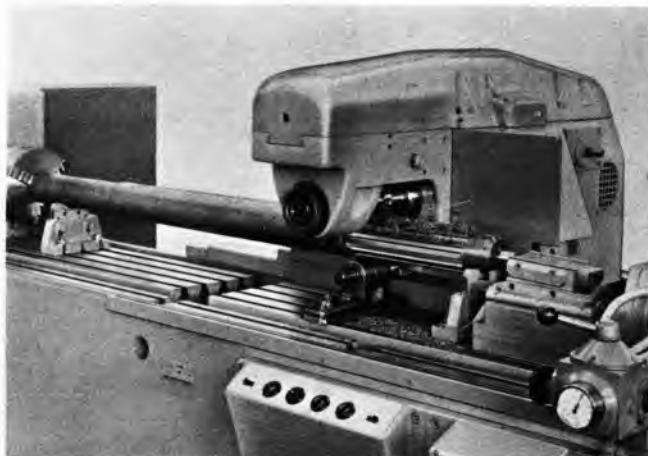
Alatne glodalice (v. prilog) konzolne su glodalice s poprečno pokretljivim glavnim vretenom (poprečnim posmakom) i pokretljivim vertikalno položenim radnim stolom (uzdužnim i visinskim posmakom) i služe za izradu najrazličitijih alata, a osobito alata za kovanje, prešanje i štancanje. Alatne glodalice nisu programirane jer nisu namijenjene serijskoj produkciji izradaka, već



Sl. 125. Vretenište producione vertikalne konzolne glodalice

klipa odbraviti hidrauličnu bravu. Višak ulja izlazi preko natpritisnog ventila. U krajnjem lijevom položaju motka klipa, tj. krajnja sklopka, isključuje pogonski motor pumpe. Radni stol je spušten jer je motka klipa preko prenosnog mehanizma zaokrenula maticu visinskog navojnog vretena za put koji u usponu vretena odgovara spustu od $\sim 0,5$ mm. Za vrijeme podizanja radnog stola u tačnu radnu visinu (sl. 124b) pumpa se pokreće u protivnom smjeru. Pumpa izvlači ulje iz desnog prostora cilindra i iz spremišta i potiskuje ga u lijevi prostor. Klip ide udesno sve dok hidraulična brava ne uskoči u procijep motke klipa. Odvod iz desnog prostora cilindra se prekine i pritisno ulje iz spremišta ulja potpisne klip sasvim udesno, dok se bok procijepa ne nasloni na svornjak hidraulične brave. Razvodnik podje udesno i spoji desnu stranu cilindra sa spremištem ulja. Lijeva strana cilindra ostaje zatvorena. Pri ponovnom spuštanju razvodnik ide ulijevo, brava se otvara i

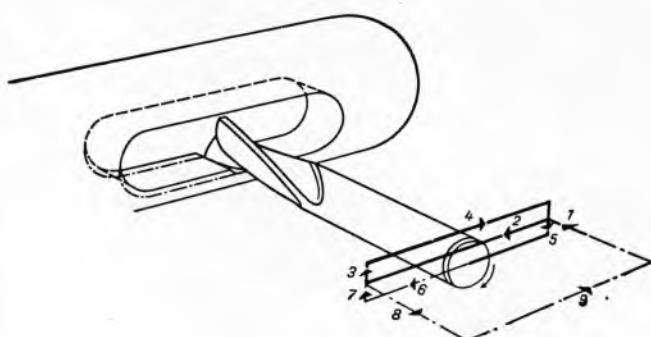
obradi pojedinih alata različitih oblika. Alatne glodalice opremanju se velikim izborom pribora koji omogućuju univerzalnost obrade. U te pribore spada čvrst stol, u dva smjera nagibljiv stol, okretni stol, diobena glava sa brvnom i protudržaćem, uredaj za glodanje



Sl. 126. Glodanje ožlijebljene osovine postupkom dijeljenja



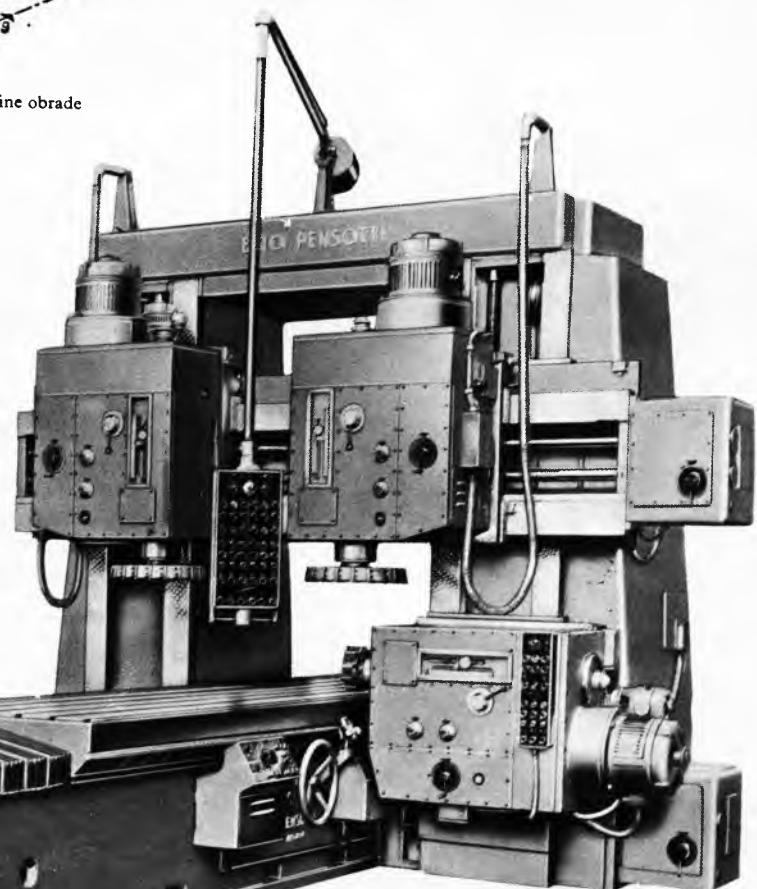
Sl. 129. Automatska glodalica za utore



Sl. 127. Ciklus rada pri obradi utora glodanjem postupkom dvostrane fine obrade bočnih ploha utora



Sl. 128. Glodanje utora na osovini



Sl. 130. Portaina dugohodna stolna glodalica s uzdužno pokretljivim stolom, jednim vreteništem na portalu i dva vreteništa na visinski podešivom brvnu

zavojnica, uredaj za glodanje patrica, vertikalna vretenišna nagibljiva glava s pomičnom pinolom, glava za dubenje, brzohodna vertikalna vreteništa, nagibljiva glava s pomičnom pinolom i vlastitim pogonskim elektromotorom, različiti strojni škripci, različiti prihvati za rezni alat, uredaji (mehanički i optički) za centriranje, sinusni lineal za određivanje kutova s pomoću krajnjih mjerki itd. Veličina pomaka horizontalne vretenišne glave glavnog vretena u poprečnom smjeru i veličina pomaka vertikalnog stola u uzdužnom i visinskom smjeru može se odrediti ugrađenim čvrstim mjerilima s noniusom ili krajnjim mjerkama i mernim urama, čime se postizava tačno pozicioniranje reznog alata u prostoru.

Stolne glodalice imaju radni stol koji je ili nepokretljiv ili pokretljiv samo u uzdužnom smjeru (rjeđe i u poprečnom smjeru) i jedno ili više glavnih vretena uležištenih u posebne pinole i pokretljivih u smjeru osi glavnog vretena (pomak je potreban radi zauzimanja položaja reznog alata prema izratku) i u smjeru okomitom na os vretena (visinski ili poprečni posmak).

U stolne glodalice sa čvrstim stolom spadaju i *automatske glodalice za ožlijebljene osovine* (zupčanike), kod kojih je cijeli ciklus obrade zajedno s dijeljenjem automatiziran (sl. 126).

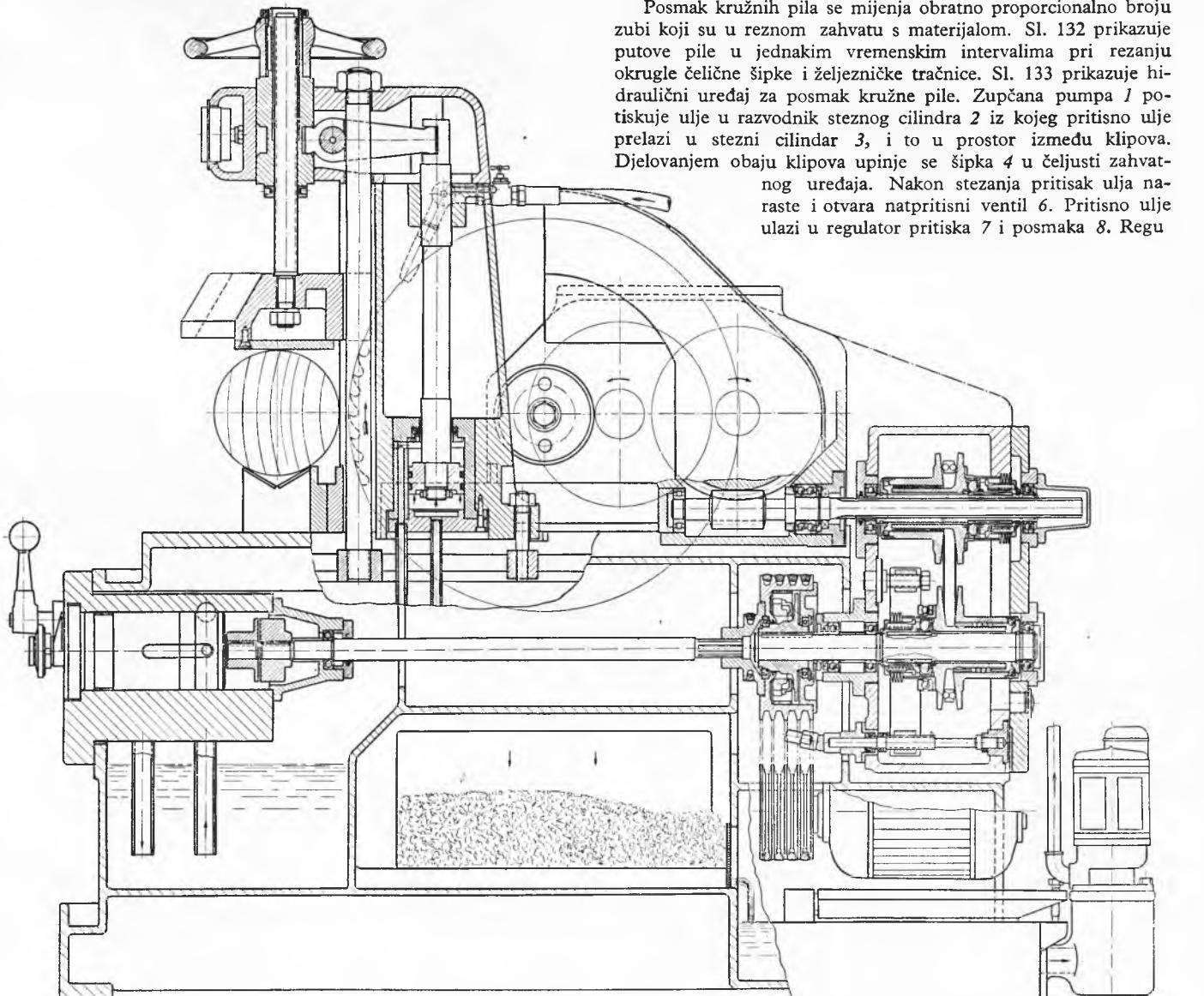
Automatske glodalice za utore (sl. 129) stolne su glodalice čije je glavno vreteno uležišteno u pinolu pokretno (posmak) i podešivo (dubina glodanja) u smjeru svoje osi. Vretenište je visinski podešivo radi podešavanja položaja osi glodala prema ravnini čvrstoga stola a pokretno je u uzdužnom smjeru (posmak). Obradu

utora glodanjem specijalnim prstenastim glodalom, čiji je promjer manji od širine utora, prikazuju sl. 127 i 128. Ciklus obrade utora je automatiziran. U smjeru 1 glodalo se zabuši u osovinu do određene dubine, a zatim po liniji 2 izgleda utor određene duljine i širine koja je manja od određene širine. U smjeru 3 vreteno se automatski podigne na određenu visinu. Glodalo sad obrađuje gornju bočnu stranu utora, prelazi preko smjera 5 u smjer 6 na obradu donje bočne strane i nakon izrade utora prispane širine vraća se preko smjera 8 i 9 u početni položaj.

Portalnu dugohodnu stolnu glodalicu s uzdužno pokretljivim stolom prikazuje sl. 130. Na jednom stupu portala nalazi se vretenište koje se može kretati po vodilicama stupa portala (vertikalni posmak) i koje se u svakom visinskom položaju može učvrstiti. (Postoje izvedbe sa vreteništem i na drugom stupu portala.) Na visinski podešivom brvnu nalaze se dva horizontalno pokretljiva vreteništa (poprečni posmak) koja se mogu u svakom horizontalnom položaju učvrstiti. Svako vretenište ima svoj posebni pogonski motor. Radni stol dobiva pogon od Leonard-Wardova agregata, kojim se posmak može bestepeno podešavati.

Kružne pile (v. prilog) služe za rezanje i odrezivanje materijala. Pogonski elektromotor preko klinastih remena goni variator kojim se može za vrijeme rada bestepeno mijenjati brzina rezanja kružne pile u odnosu od 1 : 3 do 1 : 4. Brzina rezanja iznosi od 7...21 do 8...38 m/min. Iz variatora pogon prelazi na pužni prenos, pa preko 2 para zupčanika na osovinu pile (sl. 131).

Posmak kružnih pila se mijenja obratno proporcionalno broju zubi koji su u reznom zahvatu s materijalom. Sl. 132 prikazuje putove pile u jednakim vremenskim intervalima pri rezanju okrugle čelične šipke i željezničke tračnice. Sl. 133 prikazuje hidraulični uredaj za posmak kružne pile. Zupčana pumpa 1 potiskuje ulje u razvodnik steznog cilindra 2 iz kojeg pritisno ulje prelazi u stezni cilindar 3, i to u prostor između klipova. Djelovanjem obaju klipova upinje se šipka 4 u čeljusti zahvatnog uredaja. Nakon stezanja pritisak ulja naraste i otvara natpritisni ventil 6. Pritisno ulje ulazi u regulator pritiska 7 i posmaka 8. Regu-



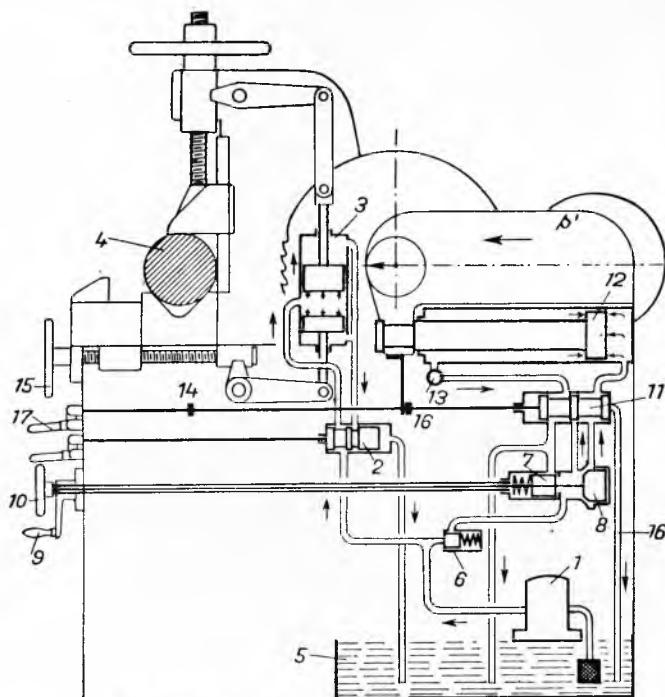
Sl. 131. Pogonski prigon kružne pile

lator pritiska, kojim se pritisak može regulirati od 1 do 15 at, podešava se ručicom 9, a regulator posmaka kolom 10.

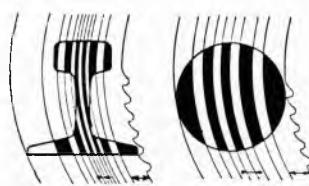
Veličina posmaka zavisi o veličini otvora stožnog regulatora. Ulje prolazi kroz razvodnik posmaka 11 u posmični cilindar. Klip 12 potiskuje vretenište s kružnom pilom u smjeru posmaka s. Ulje s lijeve strane klipa 12 otjeće kroz dvostruki protupritisni ventil 13 i razvodnik posmaka 11 u spremište ulja 5. Protupritisnim ventilom sprečava se nagli pomak vreteništa pri nestanku reakcije na reznim oštrocama kružne pile. Kada naslon vreteništa pritisne podešeni graničnik 14 preklopne motke ili se motka povuče ručicom 15, razvodnik posmaka pređe u lijevi krajnji položaj i ulje može s desne strane klipa 12 otjecati slobodno kroz razvodnik 11 i cijev 16 u spremište ulja. Pritisno ulje iz razvodnika 11 prolazi kroz protupritisni ventil 13 na lijevu stranu posmičnog klipa i zbog male čeone plohe klipa (velikog promjera klipnjače) i punog dotoka pritisnog ulja vretenište se brzim hodom vraća u početni položaj. Kad naslon vreteništa udari na podešeni povratni graničnik 16, razvodnik se pomakne u neutralni položaj i vretenište se zauštavi u početnom položaju. Ručicom za stezanje izratka 17 potisne se udesno razvodnik steznog cilindra. Klipovi steznog cilindra se razidu i čeljusti zahvatnog uredaja oslobole stegnutu šipku. Pomakom šipke i ponovnim stezanjem ručicom za stezanje 17 započinje nova operacija odrezivanja. Imata kružnih pila s automatskim pomakom materijala.

Posmak je bestepeno podesiv od 6 do 360 mm/min, a brzi povratni hod vreteništa od 2,5 do 4 m/min. Promjeri kružnih pila idu od 400 do 2000 mm. Maksimalne poprečne dimenzije predmeta koji se režu iznose od 120 do 700 mm. Debljina pila iznosi od 4 do 20 mm, brzina rezanja od 7 do 36 m/min, snaga od 5 do 20 kW.

Kružna pila za dužinsko odsijecanje osovina i zabušivanje srednjih uvrt (v. prilog) pomoći je stroj na kojem se grubo odsječene ili kovane osovine režu na tačno određenu duljinu radi daljne obrade na kopirnim tokarilicama. U istom se zahвату u slijedećoj operaciji zabušuju srednji uvrti, čije stožaste plohe moraju biti koaksialne da bi se izradak ispravno prihvatio na šiljcima kopirne tokarilice. Na postolju stroja nalaze se dva među sobom nezavisna škripca s prizmatičnim čeljustima, koje uvijek centrički zahvaćaju grubo kovanu ili valjanu osovinu.

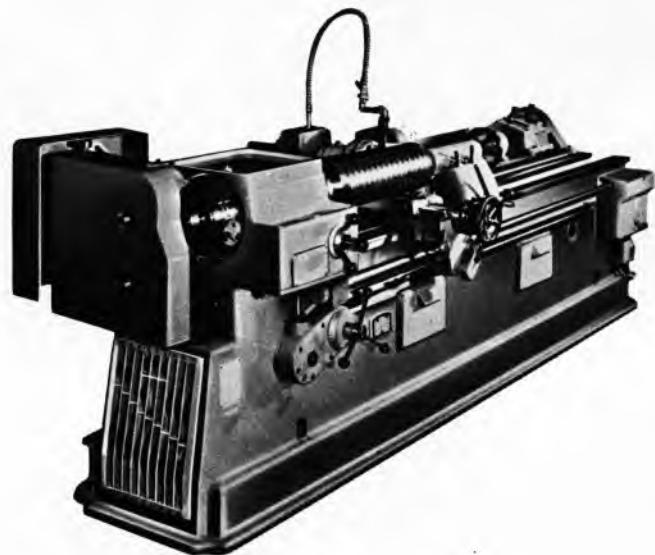


Sl. 133. Hidraulični pogon posmaka kružne pile



Sl. 132. Variabilni posmak pri odvijanju u zavisnosti od broja zubi pile koji zahvaćaju izradak

Glodalice za duge navoje (sl. 134) obrađuju duge navoje glodanjem s pomoću pločastih profiliranih glodala čiji profil zavisi od vrste navoja. Po svojoj gradi glodalice za duge navoje sliče tokarilicama. Namjesto nepomičnog tokarskog profiliranog noža koji se aksijalno pomiče upotrebljava se rotirajuće glodalo. Glodalica za duge navoje sastoje se od postolja, vreteništa izratka, posmičnog kućišta za izbor uspona, jahača i vreteništa glodala, koje klizi uzdužno po vodilicama postolja. Na glodalicama za duge navoje mogu se osim dugih navoja glodati i kratki vanjski i unutarnji navoje, puževi, a ugrade li se diferencijalni prenosi i ožlijebljene



Sl. 134. Glodalica za duge navoje

osovine, čeoni i kosi zupčanici postupkom odvaljivanja. Pri obradi ožlijebljenih osovina i zupčanika upotrebljava se profilirano odvaljno glodalo.

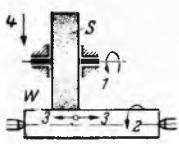
BRUSILICE

Brusilice su alatni strojevi s pomoću kojih se brušenjem obrađuju one plohe izradaka koje treba da su vrlo fino i tačno obrađene. Brušenje je postupak obrade skidanjem strugotine s pomoću mnoštva reznih oštrica i reznih vrhova velikog broja brusnih zrnaca upotrijebljenih u obliku praha ili vezanih posebnim vezivima u čvrsta brusna tijela.

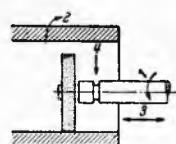
U zavisnosti od upotrijebljenih brusnih sredstava i međusobnih zavisnosti između posmičnih i pomicnih kretanja razlikuje se: a) brušenje u užem smislu, obrada brusnim tijelom pri kojoj postoji čvrsta kinematička veza između glavnog reznog kretanja, posmičnog kretanja i pomicnih kretanja te o tim kretanjima jedino ovise i tačnost oblika i izmjera izratka; b) vlačno glaćanje (honovanje), titrajuće glaćanje (superfiniš) i glaćanje brusnom prašinom (lepovanje), obrade pri kojima ne postoji zavisnost među pojedinim kretanjima a tačnost oblika i izmjera zavisi jedino od tačnosti oblika i izmjera predobradenog izratka. Rezni alat je pri honovanju i superfinišu brusno tijelo, a pri lepovanju brusni prah različite finoće zrna.

Brušenje u užem smislu dijeli se nadalje na: vanjsko uzdužno okruglo brušenje (sl. 135), pri kojem izradak izvodi lagano zaokretno posmično kretanje (2) i uzdužno oscilirajuće posmično kretanje (3), a brusno tijelo izvodi glavno rezno kretanje (1) i poprečni pomak (4) dok izradak ne postigne propisni promjer; unutarnje uzdužno okruglo brušenje (sl. 136), pri kojem su sva kretanja kako je upravo opisano, osim što uzdužno posmično kretanje može izvoditi ili brusno tijelo ili izradak; vanjsko poprečno okruglo brušenje (sl. 137), pri kojem za razliku od vanjskog uzdužnog okruglog brušenja izradak ne vrši oscilirajuće uzdužno posmično kretanje, brusno tijelo vrši poprečno posmično kretanje a širina brusnog tijela određuje duljinu brušenja; vanjsko okruglo brušenje bez šiljaka (sl. 138), pri kojem izradak kontinuirano prolazi uzdužno ispred brusnog tijela okrećući se u istom smjeru kao i brusno tijelo; brušenje vanjskih navoja profiliranim

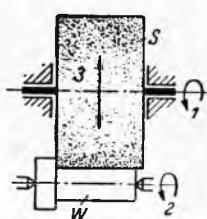
brusnom pločom; brušenje ravnih ploha obodom brusnog tijela (sl. 139 a, b i c); brušenje ravnih ploha čeonom plohom brusnog tijela (sl. 140 a, b i c).



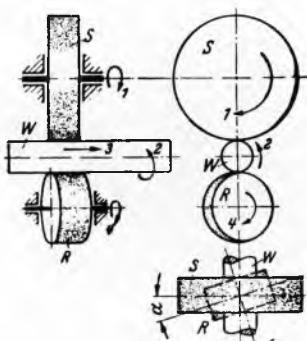
Sl. 135. Vanjsko okruglo uždužno brušenje
1 glavno rezno kretanje,
2 lagano okretno posmično kretanje,
3 oscilirajuće uždužno posmično kretanje,
4 poprečni pomak, S brusno tijelo, W izradak



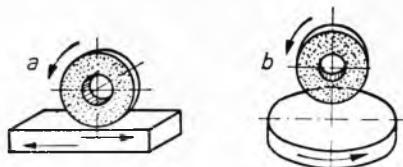
Sl. 136. Unutarnje uždužno okruglo brušenje.
1 glavno rezno kretanje,
2 lagano okretno posmično kretanje,
3 oscilirajuće uždužno posmično kretanje izratka ili brusnog tijela,
4 poprečni pomak brusnog tijela, W izradak



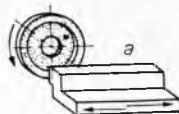
Sl. 137. Vanjsko počrno okruglo brušenje.
1 glavno rezno kretanje,
2 lagano okretno posmično kretanje, 3 oscilirajuće uždužno posmično kretanje izratka ili brusnog tijela, 4 poprečni pomak brusnog tijela, S brusno tijelo, W izradak



Sl. 138. Vanjsko okruglo brušenje bez šiljaka.
1 glavno rezno kretanje brusnog tijela, 2 lagano okretno posmično kretanje izratka, 3 pravocrtno uždužno posmično kretanje izratka, 4 okretno (istosmerno s brusnim tijelom) kretanje posmičnog valjka R (agnutno), a kut nagiba posmičnog valjka R, W izradak, S brusno tijelo

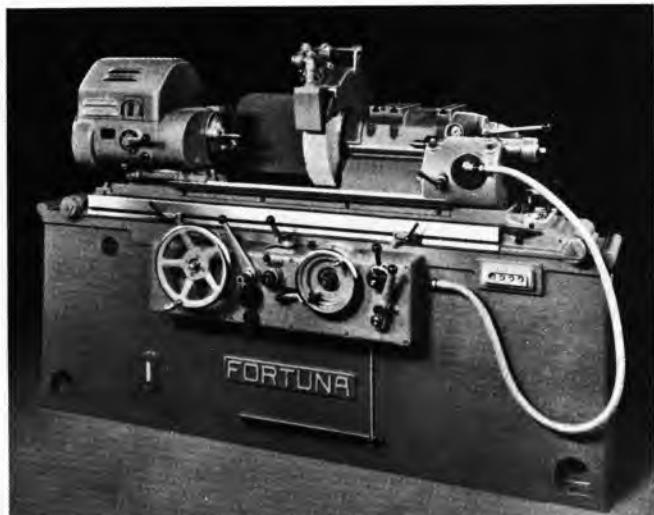


Sl. 139. Plosno brušenje ravnih ploha obodom brusnog tijela. a brusno vreteno horizontalno aksijalno nepokretno, u vertikalnom smjeru pomak radi dubine brušenja. Izradak (stol) oscilira pravocrtno. Poprečni pomak stola radi brušenja cijele širine; b brusno vreteno kao u slučaju a, stol okretan i u smjeru osi brusnog vretena pomičan radi brušenja cijele širine okruglog stola; c brusno vreteno horizontalno i u aksijalnom smjeru pomično radi brušenja cijele širine okruglog stola. Cijeli stol vertikalnan i u aksijalnom smjeru pomičan radi dubine brušenja



Sl. 140. Plosno brušenje ravnih ploha čeonom plohom brusnog tijela. a brusno vreteno horizontalno, stol (izradak) oscilira pravocrtno, dubina reza u poprečnom pomaku stola; b brusno vreteno vertikalno položeno i pokretno u aksijalnom smjeru radi dubine brušenja, stol pravocrtno oscilira; c brusno vreteno kao b, stol kružni

Strojevi za brušenje dijele se — u skladu s gornjom podjelom operacije brušenja — na brusilice u užem smislu (koje mogu biti za plosno brušenje, za vanjsko okruglo brušenje sa šiljcima ili bez njih, za unutarnje okruglo brušenje i univerzalne za okruglo brušenje) i glaćalice (koje mogu biti vlačne, titrajuće i za brušenje brusnom prašinom). Mnoge brusilice su specijalni strojevi za određenu namjenu; od njih će se ovdje opisati brusilice za višegaone profile, brusilice za valjke, brusilice za rukavce radilica, brusilice za grebenaste osovine, brusilice za klinaste osovine, brusilice za stožne plohe središnjih uvrti, brusilice za navoje, puževe i navojno profilirane osovine, brusilice za klinne vodilice, glaćalice za prvovite. O nekim drugim specijalnim brusilicama bit će govora u slijedećem poglavljju ovog članka, koje obrađuje strojeve za ozubljivanje. Brusilice koje služe za odrezivanje šipki i cijevi zovu se brusne odrezalice, a brusilice koje služe za oštrenje reznog alata zovu se oštrellice.



Sl. 141. Univerzalna brusilica za okruglo brušenje

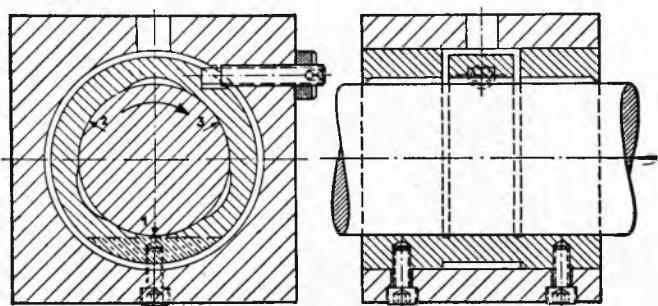
Univerzalna brusilica za okruglo brušenje služi za najfiniju obradu cilindričnih i koničnih dijelova osovina; kraćih osovina; cilindričnih i koničnih prvovita i uvrti, čeonih i punih ravnih ploha na dugim i kratkim osovinama i izracima sa prvovitima i uvrtima, među šiljcima ili stezni uredajem.

Univerzalna brusilica (sl. 141) sastoji se od krutog postolja na kojem se nalazi dugi uždužni stol vođen u vodilicama postolja (kombinacija V-vodilice i plosne vodilice), a koji je pokretljiv u uždužnom smjeru, bilo ručno bilo putem klipa pogonskog cilindra hidrauličnog pogona brusilice. Na uždužnom stolu smješteni su vretenište za prihvati i pogon izratka i jahač. Brusno vretenište smješteno je na posebnom suportu, koji je vođen u poprečnim vodilicama postolja. Izradak se upinje ili između šiljaka vreteništa za prihvati izratka i jahača ili se zahvaća u stezni uredaj toga vreteništa.

Brusno vretenište vođeno je na širokim poprečnim vodilicama postolja. Brusno vreteno uležišteno je u klizne ležaje (sl. 142), koji se sastoje od čelične puškice na dva mesta poprečno dilatirane, izljevene tankim slojem specijalne bronze. Brusno vreteno je nitrirano i glačano brusnim prahom do maksimalne finoće površine.

Ležaji se podmazuju pritisnim uljem koje se stalno filtrira, a koje dobavlja posebno ugrađena zupčana pumpa. U aksijalnom smjeru brusno vreteno je uležišteno u vrlo precizne aksijalne kuglične ležaje. Brusno vreteno goni posebno izbalansiran elektromotor preko klinastih remena. Pogonski elektromotor obično je polno-preklopljiv sa dvije brzine okretanja (1500/1000 o/min), radi održavanja potrebne rezne brzine $v \approx 28\text{--}35 \text{ m/s}$ kad se tokom vremena smanji promjer brusnog tijela.

Brusno vretenište zaokretno je obično oko vertikalne osi (do 360°), te je profiliranjem brusne ploče u dva protusmjerna kruna stošca omogućeno istovremeno brušenje cilindričnih i priključenih čeonih prstenastih ploha izratka. Minimalni poprečni automatski posmak iznosi $\sim 0,001 \text{ mm/hod}$ po hodu stola.



Sl. 142. Klizni ležaj brusnog vretena

Vretenište za prihvati izratka (sl. 143) smješteno je na zaočretnoj ploči uzdužnog stola i uzduž zaokretne ploče je premjestivo. Cijelo vretenište je na svom postolju zaokretno oko vertikalne osi za 360° , radi brušenja koničnih kratkih osovina ili provrta odnosno uvrta. Vreteno je uležišteno u podesive klizne ležaje koji se podmazuju posebnom pumpom. Ugradeni pogonski elektromotor preko klinastih remena goni višestepeni zupčani prigon kojim se vretenu daje do deset raznih brzina okretanja od 20 do 500 o/min. Okretanje se sa izlazne osovine prigona prenosi na glavno vreteno preko sloga klinastih remena. Ugradenom elektromagnetskom kočnicom zaustavlja se kretanje glavnog vretena. Dugi izraci zahvaćaju se između šiljaka vreteništa i jahača, pri čemu se moment vrtnje prenosi na izradak s pomoću tokarskog srca. Kratki izraci (pri unutranjem brušenju) zahvaćaju se posebnim steznim uređajima (zahvatnim glavama, steznim čahurama itd.).

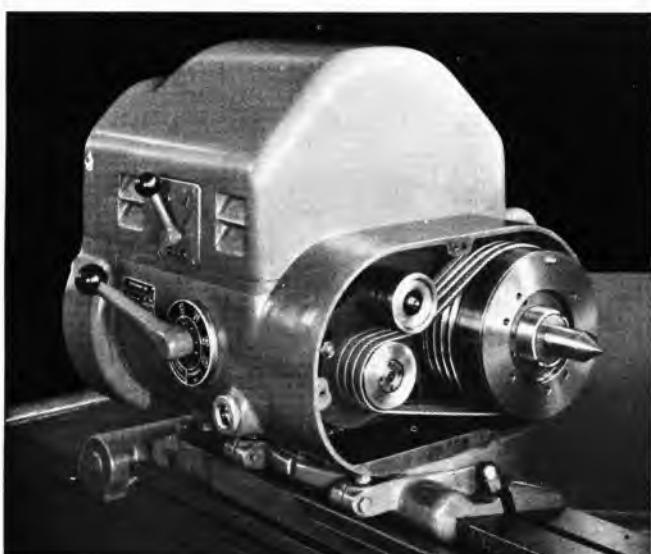
Jahač je također smješten na zaokretnoj ploči uzdužnog stola i uzduž stola je premjestiv. Pinola se jahača može ručno povlačiti natrag, i to protiv sile ugradenog navojnog pera. Ugradeni hidraulični cilindar omogućuje povlačenje pinole hidrauličnim putem.

Uzdužni stol kreće se na vodilicama postolja gonjen hidrauličnim pogonom. Brzina kretanja je bestepeno podesiva od 0,1 do 8 m/min. Duljina hoda podesava se podesivim graničnicima, koji se nalaze na prednjoj strani stola i koji su snabdijeveni mikrometarskim vijcima za podešavanje (v. sl. 141). Najmanji je podesivi hod stola 2 mm. Graničnici u prekretnim položajima stola prebacuju prekretnu polugu hidrauličnog pogona, uslijed čega se trenutno ili nakon izvjesnog podešenog vremenskog zadržavanja promijeni tok pritisnog ulja u pogonskom cilindru uzdužnog stola. Vremensko zadržavanje u prekretnom položaju stola je potrebno radi urezivanja brusne ploče za dubinu sljedećeg odbrusa prije nego što započne povratno kretanje stola. Tačnost prekretanja hoda stola iznosi $\sim 0,01$ mm. Na uzdužnom stolu nalazi se zaokretna ploča, koja se može oko vertikalne osi zaokretati za $\sim \pm 10^\circ$ prema smjeru vodilica postolja.

Zaokretanjem ove ploče mogu se brusiti konusi na osovinama koje su upete između šiljaka vreteništa za prihvati izradaka i jahača. Tačno podešavanje kuta zaokreta ili nagiba ploče omogućeno je kutnim nonijusom ili, kad treba nagib ploče češće podešavati, posredstvom mjernog sata i mjerne ploče.

Pri poprečnom brušenju mogu se konusi brusiti konačno profiliranom brusnom pločom.

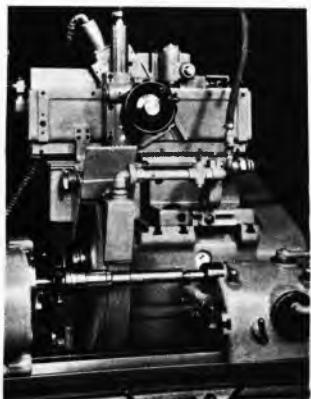
Uredaji za izoštavanje i oblikovanje brusne ploče služe: za izoštavanje brusne ploče skidanjem odnosno izbijanjem zatpljenih brusnih zrnaca iz sastava brusne ploče s pomoću dijamanta; za dovodenje brusne izvodnice brusnog tijela u paralelni položaj s vodilicama postolja, kako bi cijela širina brusne ploče zahvaćala izradak pri brušenju; za oblikovanje raznih profila u plaštu brusne ploče (stepenastih, kosih, polukružnih, konveksno-



Sl. 143. Vretenište za prihvati izratka



Sl. 144. Uredaj za oblikovanje brusne ploče pričvršćen na jahač



Sl. 147. Hidraulični uređaj za profiliranje brusnih ploča



Sl. 145. Uredaj za oblikovanje brusne ploče učvršćen na zaokretnoj ploči stola



Sl. 148. Vreteno za unutarnje brušenje u radnom položaju s uređajem za oblikovanje brusne ploče vretena za unutarnje brušenje pričvršćenim na zaokretnoj ploči



Sl. 146. Uredaj za oblikovanje brusne ploče vretena za unutarnje brušenje



Sl. 149. Mjerilo za upoređno mjerjenje promjera izratka



Sl. 150. Mjerni uređaj za mjerjenje promjera izratka vezan za uređaj za automatsko isključivanje rada brusilice po postizanju tražene izmjere na izratku

vodilica, a poprečno na ove kreće se u vertikalnom smjeru vertikalni suport koji nosi ujedno i dijamant. Brusna ploča oblikuje se kopiranjem sa šablone.

Uredaj za unutarnje brušenje (sl. 148) montira se na brusno vretenište, a sastoji se od prekretne poluge uležištene u kruto ležište na kojem je montiran posebni pogonski elektromotor. U drugom ležištu umetnuto je izmjenljivo vreteno za unutarnje brušenje, koje goni elektromotor s pomoću plosnog remena. ($n = 20\ 000 \dots 40\ 000 \text{ o/min}$). Remenice su izmjenljive radi promjene broja okretaja (održavanja potrebne rezne brzine brusnog tijela). Spuštanjem poluge brusno vreteno za unutarnje brušenje dolazi u svoj radni položaj. Neposredno iza vanjskog brušenja može se primjenom ovog uredaja preći na unutarnje brušenje jednog istog izratka.

Uredaj za čeonu plosno brušenje čeonih ploha (punih i prstenskih) na izratku sastoji se također od posebnog brusnog vretena sa odgovarajućim pogonskim elektromotorom. Posebnim hidrauličnim pogonom premješta se taj uredaj u radni položaj. Čone plohe bruse se čeonim brušenjem pomoću lončastih brusnih ploča ili obodnim brušenjem.

Mjerilo za upoređeno mjerjenje (sl. 149) jednom dodirnom tačkom učvršćuje se na zaokretnu ploču i ono omogućuje uporedno mjerjenje promjera izratka za vrijeme brušenja. Jedan podjelak iznosi 0,001 mm. Dozvoljena tolerancija vidno se ograničuje između dva podesiva jahača, i kad kazaljka ude u označeno tolerancijsko polje, brušenjem je postignuta tražena izmjera.

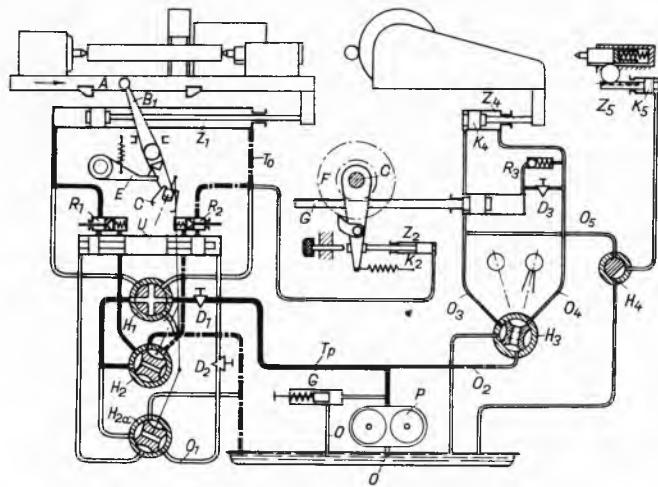
Mjerni uredaj za automatsko isključivanje rada brusilice (sl. 150) također se učvršćuje na zaokretnoj ploči stola. Izradak se za vrijeme brušenja stalno mjeri između podešenih ticala mjernog uredaja. Nakon postizanja tražene izmjere mjerni uredaj elektro-hidrauličnim putem isključuje rad brusilice, s time da se prije isključenja rada brusno vretenište brzim povratnim hodom odmakne od izratka. S pomoću ovog uredaja brusilica brusi s izvjesnim (poprečnim) posmakom izradak do podešenog promjera (od 0 do 0,075 mm), automatski smanji posmak, a nakon postizavanja tražene mjere zaustavlja posmak i prema podešenom vremenu brusi izradak bez posmaka radi iziskravanja (brušenja bez sila normalnih na izradak). Nakon iziskravanja uredaj isključuje rad brusilice.

Hidraulični pogon univerzalne brusilice za okruglo brušenje obuhvaća: a) oscilirajući uzdužni pogon stola sa vremenskim zadržavanjem stola u prekretnim krajnjim položajima i bez njega, s time da se vrijeme zadržavanja može podešavati i da se može birati između vremenskog zadržavanja stola samo u lijevom ili samo u desnom krajnjem pokretnom položaju, ili u oba pokretna položaja (v. sl. 135); b) posmični pomak brusnog vreteništa u poprečnom smjeru, pri čemu se može birati između posmičnog pomaka u lijevom ili u desnom prekretnom položaju stola, ili u obz prekretna položaja, a može se taj posmični pomak i isključiti; c) pogon uredaja za poprečno okruglo brušenje (v. sl. 137); d) brzi povratni hod brusnog vreteništa i brzi prilazni hod sa tačnosti pozicioniranja brusne ploče u granicama $\pm 0,002 \text{ mm}$; e) pogon hidrauličnog uredaja za profiliranje brusne ploče; f) povlačenje pinole jahača pri promjeni izradaka koji se upinju među šiljcima; g) pogon prekretanja brusne lončaste ploče za čeonu brušenje rotacionih ploha. Hidraulični pogon jedne univerzalne brusilice za okruglo brušenje prikazuje sl. 151.

Zupčana pumpa P potiskuje pritisno ulje pored podesivog natpritisnog ventila G u pritisni vod T_{p1} , pa preko prigušnog ventila D_1 , kojim se podešava brzina uzdužnog kretanja stola, u pipcu H_1 za upućivanje hidrauličnog pogona u rad, koji je pipac vezan za ručnu polugu. U ucrtanom položaju uključen je hidraulični pogon. Zaokretanjem poluge, a time i pipca H_1 , za 45° , direktno se povezuju lijeva i desna strana cilindra stola Z_1 i time je omogućeno ručno pomicanje stola brusilice. Iz H_1 prelazi pritisno ulje u okretni razvodnik H_2 , koji leži na istoj osovini sa okretnim razvodnikom H_{2a} i sa polugom C vezanom za prekretnu polugu B_1 . Pritisno ulje iz H_2 prođe kroz dužinski prekretni razvodnik U pored ventila R_1 i ulazi u lijevu stranu cilindra Z_1 . Klip K_1 potiskuje ulje iz desne strane cilindra Z_1 kroz vod T_0 preko ventila T_2 , razvodnika U i okretnog razvodnika H_2 u spremište ulja. Cilindar stola radi uvijek pod protupritiskom

izazvanim jednim od ventila R . Nakon što se podešeni graničnik A sudari s prekretnom polugom B_1 , ona se pod djelovanjem poluge E i prekretnih trokutastih oštrica naglo prebacu u desni položaj i time zaokrene okretnu razvodnike H_2 i H_{2a} u crtkane položaje. Pritisno ulje iz H_2 prelazi u desnu stranu razvodnika U , gdje zastaje jer taj razvodnik još nije prebačen uljevo; ulazi u razvodnik H_{2a} , odakle prelazi na lijevu stranu razvodnika U potiskujući ga udesno. Ulje s desne strane razvodnika U prolazi kroz prigušni ventil D_2 , kojim se podešava vremensko zadržavanje stola u krajnjim prekretnim položajima, pa vodom O_1 preko okretnog razvodnika H_{2a} otječe u spremište ulja. Razvodnik U pređe u desni položaj i time pritisno ulje pored ventila R_2 prelazi vodom T_0 u desni prostor cilindra Z_1 i stol se pokrene u lijevi uzdužni smjer kretanja, s time da sada ulje iz lijevog prostora cilindra otjeće preko ventila R_1 (protupritisak) i okretnog razvodnika H_2 u spremište ulja. Kada desni graničnik stola prebaci polugu B_1 u lijevi položaj, kako je ova poluga ucrtana, tada pritisno ulje — u nemogućnosti da prođe kroz razvodnik U — dolazi u razvodnik H_{2a} i vodom O_1 preko prigušnog ventila D_2 potiskuje razvodnik U u lijevi (ucrtani) položaj i time pritisno ulje može kroz razvodnik U pored ventila R_1 potiskivati klip stola K_1 udesno.

U sl. 151 je samo shematski prikazano djelovanje uredaja za posmični poprečni pomak brusnog vreteništa (u desnom prekre-

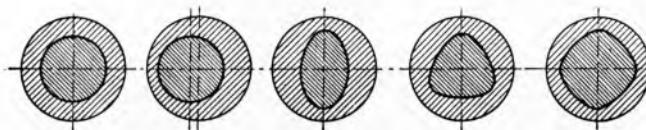


Sl. 151. Shematski prikaz hidrauličnog pogona univerzalne brusilice za vanjsko okruglo brušenje

tnom položaju) ne uzimajući u obzir sve mogućnosti uključivanja toga uredaja. Pritisno ulje — pri prekretanju hoda stola — ulazi u cilindar Z_2 , i klip K_2 protiv djelovanja navojnog pera potiskuje polugu uljevo do sudara s vijkom kojim se podešava hod klipa. Uskočnica zahvaća nazubljenu ploču F , koja se zaokrene zajedno s navojnim vretenom za izvjesni kut i time pomakne brusno vretenište k izratku za traženu dubinu odbrusa. Nakon prestanka pritiska klip K_2 se vraća djelovanjem navojnog pera. Brzi povratni i prilazni hod brusnog vreteništa ostvaruje cilindar Z_4 sa svojim klipom K_4 . Ručnom polugom prebacu se pipac H_3 u lijevi položaj i time pritisno ulje preko vodova O_2 i O_3 potiskuje klip K_4 i vretenište udesno. Prebacivanjem poluge i pipca u desni položaj pritisno ulje potiskuje klip K_4 uljevo i vretenište prilazi u brzom hodu k izratku do sudara klipa sa čeonim zidom cilindra. Pri poprečnom okruglom brušenju, bez pokretanja stola u uzdužnom smjeru, pritisno ulje preko pipca H_3 , voda O_4 i prigušnog ventila D_3 , kojim se podešava veličina poprečnog posmaka brusnog vreteništa, potiskuje klip K_3 u cilindru Z_3 i Zubnu motku G uljevo. Zubna motka G zaokreće preko zupčanika navojno vreteno C koje izaziva posmični pomak brusnog vreteništa. Pri brzom povratnom hodu ulje otjeće preko ventila R_3 , Nožnom polugom zaokreće se pipac H_4 . Pritisno ulje iz voda O_5 ulazi u cilindar jahača Z_5 i potiskuje klip K_5 uljevo. Pinola jahača se povlači udesno protiv sile navojnog pera. Vod O_5 dobiva pritisno ulje samo u slučaju ako je vretenište uređajem za brzi povratni

hod — djelovanjem klipa K_4 u cilindru Z_4 — odmaknuto od izratka.

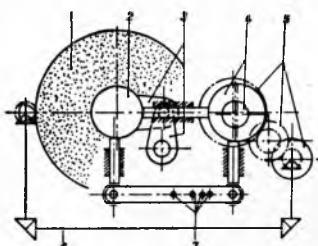
Brusilica za višeugaoone profile (poligonska brusilica) može brusiti unutarnje i vanjske okrugle, jednougaone, dvo-ugaoone, trougaone i četverougaone profile (sl. 152), unutar tačnosti izmjera od 0,005 mm. Pri upotrebi za vanjsko ili unutarnje



Sl. 152. Prikaz unutarnjih i vanjskih okruglih, jedno-, dvo-, tro- i četvero-ugaonih profila brušenih na brusilici za višeugaoone profile (poligonsko brušenje)

okruglo brušenje ne razlikuje se u relativnim kretanjima od univerzalnih brusilica za okruglo brušenje. Brusno vreteno ne izvršuje osim okretanja i poprečnog pomaka nikakva druga kretanja. Između okretanja izratka i kretanja brusnog vreteništa ne postoji nikakva veza. Ugrađena upravljačka hidraulika omogućuje bestepeno podešavanje brzine hoda uzdužnog stola sa proizvoljnim vremenskim zadržavanjem stola u krajnjim prekretnim položajima. Omogućen je ručni pomak stola sa grubim i finim posmakom. Hidraulika omogućuje brzi prilazni i povratni hod brusnog vreteništa sa tačnim pozicioniranjem ($\sim 0,001$ mm) samog vreteništa u prilazu (k izratku), i to nezavisno od hoda (kretanja) stola ili zavisno od njega.

Vanjsko i unutarnje višeugaoone (poligonsko) brušenje profila osovine ili prvrta zahtjeva međuzavisnost između okretanja izratka (ugaone osovine ili prvrta) i horizontalnog i vertikalnog njihalnog kretanja brusnog vretena, odnosno brusne ploče. U zavisnosti od broja uglova poligonskog profila brusno vreteno mora izvršiti u horizontalnom i vertikalnom smjeru toliko dvostrukih hodova koliko poligonski profil ima uglova. Načelnu skicu kinematičke sheme pogona brusnog vreteništa u zavisnosti od okretanja samoga izratka prikazuje sl. 153, i to pri obradi trougaonog profila. Brusna ploča 1 zajedno sa svojim vretenom 2 uležištena je u dvostruki zglobovi okvir 3, koji omogućuje njihalno kretanje brusnog vretena u horizontalnom i vertikalnom smjeru. Prenosni stožozupčani mehanizam 6 prenosi okretanje



Sl. 153. Načelna shema kinematičke sheme pogona brusnog vretena brusilice za višeugaoone brušenje. 1 brusna ploča, 2 uležište brusnog vretena, 3 dvostruki zglobovi okvir, 4 dvostruka ekscentarska ploča sa bestepenim podesivim ekscentricitetom, 5 prigon sa četverostroškom izmjenljivim zupčanicima, radi izmjene odnosa prenosa između okretanja izratka i kretanja brusnog vretena (horizontalnog i vertikalnog), 6 stožozupčani prenosni mehanizam, 7 dvostrana poluga sa četiri izmjenljiva okretišta prema broju uglova višeugaoonog profila

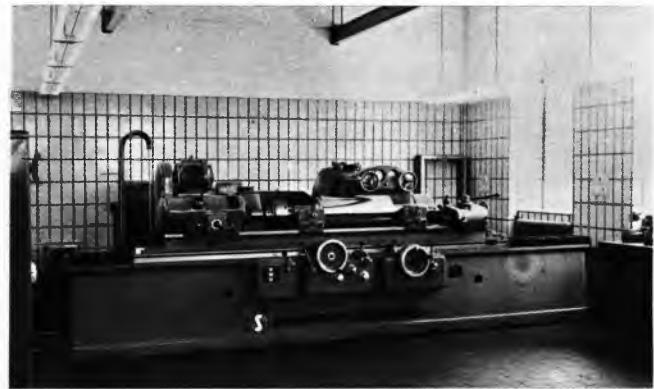
izratka na slog izmjenljivih čeonih zupčanika 5, s pomoću kojih se ostvaruje potrebni odnos u okretajima između izratka i bestepeno podesive ekscentarske ploče 4 s obzirom na broj uglova izratka. Odnosi su: 1:1 pri jednougaonom, 1:2 pri dvougaonom, 1:3 pri trougaonom i 1:4 pri četverougaonom profilu izratka. Bestepenosnost u podešavanju ekscentricitetu ekscentarske ploče 4 ostvaruje se navlačenjem rotacione podesive ekscentarske ploče na čvrstu ekscentarsku ploču osovine, pri čemu su ekscentriciteti obju ekscentarskih ploča jednaki. Ukupni ekscentricitet podesiv je od $E = 0$ do $E = 2 e$. Horizontalno njihalno kretanje brusnog vretena prenosi se sa ekscentarske ploče s pomoću horizontalno položene spojne motke, a vertikalno njihalno kretanje preko dviju vertikalno položenih motki i horizontalno položene dvostrane poluge, čije se okretište nalazi u jednom od četiri prvrta 7, i to u zavisnosti od broja uglova profila. Pri trougaonom profilu okretište se nalazi u trećem prvrtu. Kod brusilica za višeugaoone brušenje mora se brusno vreteno za vanjsko brušenje mijenjati s vretenom za unutarnje brušenje u jednom istom ležištu, jer se inače ne bi postigla apsolutna kongruentnost vanjskog i unutarnjeg višeugaoonog profila istih izmjera. Prema tome

se položaj osi okretanja brusnog vretena naprama osi izratka ne mijenja pri prelazu sa brušenja vanjskog na brušenje unutarnjeg višeugaoonog profila. Tačnost veličine podešenih horizontalnih i vertikalnih hodova brusnog vretena može se kontrolirati krajnjim mjerama i stalno ugradenim mjernim urama (1 razdjelak = 0,001 mm). Bestepenim podešavanjem ekscentriciteta ekscentarske ploče mogu se postići sve potrebne razlike između maksimalnog i minimalnog promjera višeugaoonog profila unutar granice maksimalnog ekscentriciteta $E = 2 e$.

Najveći promjer pri okruglom brušenju takvom brusilicom jest ~ 110 mm, najveći ekscentricitet pri jednougaonom brušenju (ekscentar) 8 mm, najveća razlika između male i velike osi elipse pri dvougaonom brušenju (elipsa) 16 mm, najveća razlika između vanjskog i unutarnjeg promjera trougaonog profila 10 mm, a četverougaonog profila 8 mm.

Brusilice za valjke. Veliki zahtjevi u pogledu tačnosti izradaka dobivenih valjanjem — osobito pri preradi papira u tanke trake i listove, metala u folije i fine limove, čelika u fine limove — mogu biti zadovoljeni samo valjcima koji su u pogledu izmjera i oblika tačno izrađeni. Valjci se izrađuju u obliku ili ravnog cilindra, pri čemu je izvodnica valjka pravac paralelan sa osi, ili ispuštenog (konveksnog) ili ugnutog (konkavnog) cilindra. U preradi papira upotrebljavaju se valjci čije su izvodnice dijelovi izduženih sinusnih linija, a u preradi metala u većini slučajeva valjci sa izvodnicom koja odgovara liniji progiba. Oblik elastične linije progiba zavisi od načina kako se uzduž para valjaka raspodjeljuje opterećenje pod utjecajem pritiska valjanja i težine valjaka. Valjci spregnuti u parovima moraju dobiti takve oblike izvodnica da su za vrijeme pogona — pod opterećenjem pritiska valjanja i pod utjecajem samih težina valjaka — korespondirajuće izvodnice gornjeg i donjeg valjka paralelne.

Brusilice za valjke (sl. 154) su neobično kruto izvedene brusilice za vanjsko okruglo brušenje, vrlo čvrste konstrukcije, s obzirom na veliku težinu i na velike izmjere valjaka, kao i na

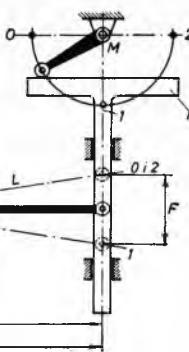


Sl. 154. Brusilica za valjke s upetim izbrušenim valjkom

znatno povećane zahtjeve u pogledu tačnosti izmjera samih valjaka i finoće brušene površine. Konstruktivno rješenje mora osigurati neposredni prelaz od grube obrade brušenja na najfiniju obradu brušenjem ili poliranjem, radi završavanja obrade valjka u jednom zahvatu. Brusilice za valjke snabdijevaju se i uređajem za mikro-pomak brusnog vreteništa, odnosno brusnog vretena, koji dozvoljava pojedinačni poprečni pomak brusnog vretena u redu veličine $s < 1 \mu\text{m}$. Ovim uređajem osigurava se stalnost rezne sile pri najfinijem brušenju, odnosno pri poliranju. Svaka potrebna konveksna ili konkavna izvodnica ostvaruje se na brusilici za valjke na taj način da se relativnom uzdužnom kretaju brusnog vreteništa — uzduž duljine valjka — dodaje takvo poprečno pomoćno kretanje da se od jednog kraja do sredine povećavaju (umanjuju), a od sredine do drugog kraja valjka umanjuju (povećavaju) promjeri po određenoj funkciji.

Pri uređaju za konveksno-konkavno brušenje valjaka (sl. 155) pogonska poluga M za vrijeme brušenja valjka po svojoj duljini l kreće se — u uzročnoj zavisnosti od uzdužnog kretanja valjka — polukružno od tačke 0 preko tačke 1 do tačke 2. Poluga M svojim hodom vertikalno pritiskuje pravocrtno vođenu kulisu K

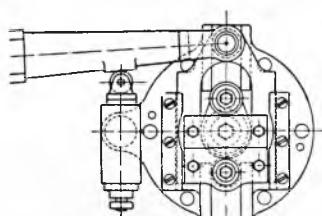
(povratni hod uz pritisak pera) na koju je zglobom vezana rašljasta poluga L . Kad se poluga M nalazi u tačkama 0 i 2 , kulisa se nalazi u gornjem položaju a zglob poluge L u tačkama 0 i 2 kulise. Kad se poluga M nalazi u položaju 1 , kulisa se i zglob



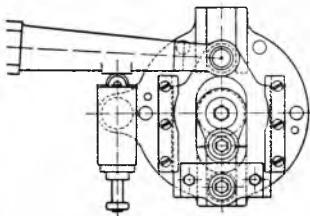
Sl. 155. Shematski prikaz uređaja za konveksno-konkavno brušenje valjaka po izvodnicu u obliku izdužene sinusne linije, podešenog za konkavno brušenje

poluge L nalaze u najdonjem položaju 1 . Veličina hoda kulise označena je sa F . Okretište rašljaste poluge L nalazi se u uzdužno podesivom ležištu H , uslijed čega se može bestepeno podešavati veličina poprečnog pomoćnog kretanja $y_{\max} = f$, jer dvostrana pravokutna poluga E sa stalnim duljinama poluga zahvaća u krajnjem položaju rašljastu polugu L . Maksimalna visina konveksne ili konkavne krivulje dana je izrazom $f = E B F / G C$, gdje je $B/C = B/(A-B)$. Kako su veličine E , F i G konstantne, $k = EF/G = \text{konst.}$ i visina krivulje dobiva se iz $f = Bk/(A-B)$ te zavisi samo od odnosa podesivih veličina poluga B i $C = A-B$.

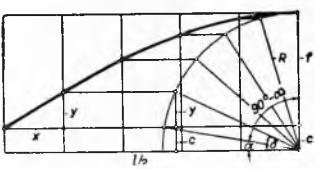
U sl. 155 shematski je prikazan uređaj za konveksno-konkavno brušenje valjaka podešen za brušenje konkavne (ugnutne) sinusne izdužene linije. Konstruktivno rješenje zahvata poluge M sa kulisom K prikazano je u sl. 156 za brušenje konveksne sinusne linije, a u sl. 157 za brušenje konkavne sinusne linije. Prema sl. 158, koja prikazuje skraćenu sinusnu izvodnicu, bit će



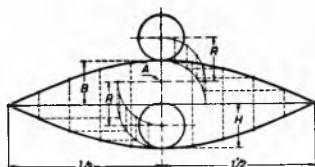
Sl. 156. Pogon kulise pri brušenju konveksne sinusne linije



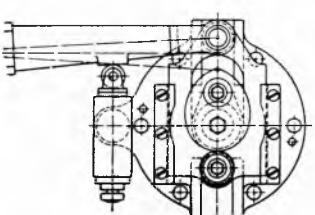
Sl. 157. Pogon kulise pri brušenju konkavne sinusne linije



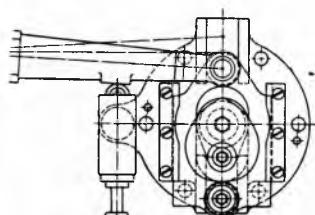
Sl. 158. Skraćena izdužena sinusna linija. α kut skraćenja, δ razdjelni kut, $2(90-\alpha)$ kut oscilacije, R polumjer poluge; l duljina valjka



Sl. 159. Neskrćena izdužena sinusna linija. A os pogonske osovine, R polumjer poluge, l duljina valjka, B visina konveksne sinusne linije, H visina konkavne sinusne linije



Sl. 160. Pogon krivuljastom pločom pri brušenju konveksne izvodnice



Sl. 161. Pogon krivuljastom pločom pri brušenju konkavne izvodnice

$$y = R (\sin \delta - \sin \alpha),$$

a kako je $2x/l = (\delta-\alpha)/(90^\circ-\alpha)$, to je

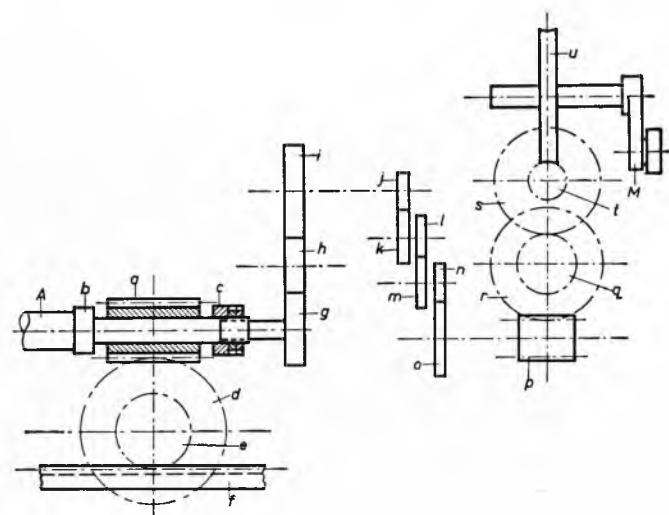
$$y = R [\sin[(1 - 2x/l)\alpha + 90^\circ \cdot 2x/l] - \sin \alpha],$$

a za neskrćenu sinusnu liniju (sl. 316), gdje je $\alpha = 0$,

$$y = R \sin (90^\circ \cdot 2x/l).$$

Kad treba da se odstupi od sinusne izvodnice, namjesto pogonske poluge M (sl. 155) u uređaj za konveksno-konkavno brušenje umetne se krivuljasta ploča koja zahvaća kulisu K putem jednog kola. U sl. 160 prikazana je ugradena krivuljasta ploča pri bušenju konveksne izvodnice, a u sl. 161 pri brušenju konkavne izvodnice valjka. Krivulja na ploči mora odgovarati traženoj krivulji izvodnice.

Uredaj za izjednačenje zračnosti služi za uklanjanje svake zračnosti unutar prenosnog mehanizma između uzdužnog kretanja stola brusilice, zajedno s u njemu upetim valjkama, i po-



Sl. 162. Shematski prikaz uređaja za izjednačenje zračnosti u prenosnom mehanizmu između uzdužnog kretanja stola i poprečnog kretanja brusnog vreteništa u prekretnim položajima stola

prečnog pomoćnog kretanja brusne ploče u prekretnim položajima stola brusilice. Prilikom prekretnja hoda stola najprije se unutar cijelog prenosnog mehanizma moraju u svim prenosnim elementima ukloniti zračnosti, nakon čega mora istovremeno započeti povratni hod stola i povratno kretanje brusne ploče a da se momentani položaj brusne ploče ne promjeni — ni u uzdužnom ni u poprečnom smjeru — naprava izvodnici valjka. U sl. 162 prikazan je shematski jedan uređaj za izjednačenje zračnosti. Na pogonskoj osovini A nalazi se puž a koji je aksijalno pokretljiv između čvrstog naslona b i dvostrukim maticama c podesivog naslona c . Aksijalni hod puža a podešava se maticama c prema veličini zračnosti koja se nalazi unutar cijelog prenosnog mehanizma između uzdužnog kretanja stola i poprečnog kretanja brusnog vreteništa. U periodu prekretnja hoda stola u povratni hod pogonska osovina svojim zaokretanjem uklonit će sve zračnosti od pogonskog zupčanika g do pogonske osovine u poluge M uređaja za konveksno-konkavno brušenje. Za vrijeme uklanjanja ove zračnosti puž a će se aksijalno pomaknuti od jednog svog naslona do drugog i time ukloniti i svu zračnost u mehanizmu za uzdužni hod stola, koji se nalazi u pužnom prenosu a i d , u sprezi zupčanika e sa zubnom motkom f . U momentu kad se puž nasloni na jedan od naslona b i c počinje istovremeno uzdužno kretanje stola i poprečno kretanje brusne ploče, ali u protivnom smjeru, tačno po prije brušenoj izvodnici.

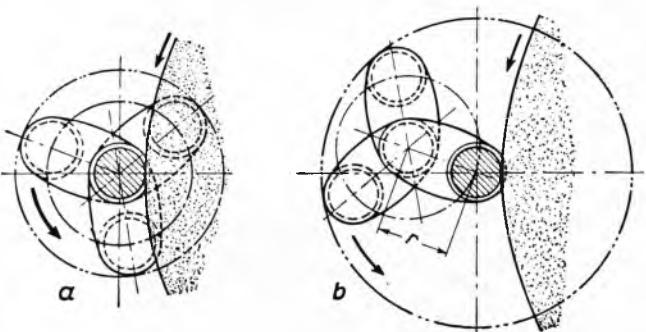
Brusilica za brušenje rukavaca radilica služi za normalno brušenje cilindričnih osovina i za brušenje glavnih ležišta radilica i ležišta rukavaca postupkom poprečnog brušenja.

Postupak brušenja radilica prikazuju sl. 163 i 164. Radilica se hidrauličkim putem upinje u prihvate glave obaju vreteništa za prihvati; zahvaća se na njenim unaprijed predbušenim krajnjim



Sl. 163. Brušenje glavnih ležišta radilice na brusilici s uzdužno pomicnim stolom

izdancima. Pri tom zahvatu os radilice nalazi se u osi obaju vreteništa za prihvrat izratka i u tom zahvatu se prebruse sva glavna ležišta radilice, služeći se pri tome i linetama, kojima je zadaća da duge radilice na jednom ili više mesta podupiru neutralizirajući sile progiba i sile brušenja. Brusna ploča odgovarajuće širine na objema rubovima zaobljena prilazi brzim poprečnim hodom k radilici, automatski prelazi u posmični poprečni hod i po postizanju traženog promjera na ležištu radilice automatski se vraća u svoj ishodni položaj. Automatski slijedi uzdužni hod do drugog



Sl. 164. Postupak brušenja radilice. a) brušenje krajnjih izdanaka, b) brušenje glavnih ležišta radilice

ležišta, a zatim prilazni brzi poprečni hod k radilici, koji se pred radilicom pretvara opet u posmični hod za poprečno brušenje. Kad su prebrušena sva glavna ležišta radilice, slijedi brušenje ležišta rukavaca koji leže u jednoj ravnini, zatim ležišta rukavaca u drugoj ravnini pa ležišta rukavaca u trećoj ravnini. U tu svrhu moraju se osi ležišta rukavaca radilice koaksijalno poklapati sa

osi obaju vreteništa za prihvrat radilice. Na vretenima za prihvrat izratka — čija su kretanja sinhronizirana — nalaze se stezne ploče sa radikalno premještivim prihvativim suportima (sl. 165), čije su vodilice međusobno paralelne. Istovremenim premještanjem obaju suporta u radikalnom smjeru za veličinu ekscentritetra radilice postiže se da os ležišta rukavaca jedne ravnine uđe u os kretanja vreteništa za prihvrat izradaka. Na radikalnim suportima nalaze se i okretne diobene ploče s pomoću kojih se podešava da os rukavaca uđe u os vreteništa za prihvrat i izvršava radikalni kružni pomak radilice (za 90°, 120°, 180°) pri prelazu brušenja ležišta rukavaca iz jedne u drugu ravninu.



Sl. 165. Radikalno premještivi prihvativi supori

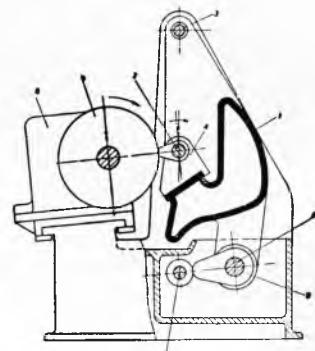
Na vanjskim izdancima vretena za prihvrat izratka nalaze se okrugle ploče na kojima se učvršćuju podesivi protutezi, kojima je zadaća da cijeli sklop koji se okreće (radilicu, ekscentrično postavljene suporte, stezne ploče vreteništa za prihvrat) potpuno uravnoteži (izbalansira). Kvalitet brušenja radilica zavisi od izbalansiranja ovog sloga.

Brusilice za grebenaste osovine. Brusilice za brušenje plašta grebena grebenastih osovina obodno kopiraju oblik grebena pri sinhronom okretanju izratka i pločaste šabline. Grebenaste se osovine bruse hidrauličnim i mehaničkim kopiranjem (sl. 166).

Na brusilicama za grebenaste osovine s mehaničkim kopiranjem upinje se grebenasta osovinica 2 u poluokvir 1, koji se može njihati oko okretišta 3 iznad osi izratka 2. Poluokvir sadrži nagnuti stol i grebenasta osovinica se upinje između šiljaka vreteništa za prihvrat izratka 4 i jahača. Synchrono sa grebenastom osovinom okreće se i odgovarajući povećana šabloni grebena 5, koja je učvršćena na osovinu 6 uležišteno u poluokvir 1. Šabloni grebena odupire se o kolo 7 uležišteno na osovinu postolja. Brusno vretenište 8 sa brusnom pločom 9 može se uzduž poluokvira premjestiti u svaku ravninu grebena i ono je vodeno na uzdužnim vodilicama postolja. Poprečnim pomakom brusnog vreteništa podešava se položaj brusne ploče prema samom grebenu, tj. određuje se dubina odbrusa. Nakon što su postignute izmjere na grebenu, brusno vretenište se vrati u svoj ishodni položaj. Grebeni se bruse postupkom poprečnog brušenja. Što je grebenasta šabloni 5 veća naprama grebenu na osovinici 2 to će biti tačnije prenesen oblik sa šabline na greben.

Brusilice za brušenje grebenastih osovina imaju i uređaj za periodično mijenjanje brzine kretanja grebenaste osovine — u zavisnosti od oblika grebena, tj. radijusa-vektora — koji osigurava da se ne mijenja obodna brzina grebena pri prolazu ispred brusne ploče.

Brusilice za vanjsko okruglo brušenje bez šiljaka. Princip okruglog brušenja bez upotrebe šiljaka temelji se na međusobnom djelovanju triju elemenata: brusnog tijela, kojemu je dato glavno rezno kretanje u smjeru prema dolje; posmičnog valjka, koji izaziva uzdužno kretanje izratka ispred brusnog tijela a okreće se prema gore, i čvrstog protudržaća, na koji se naslanja izradak, a koji je smješten između brusnog tijela i posmičnog valjka (v. sl. 138). Pri okruglog brušenju bez šiljaka izradak se naslanja



Sl. 166. Shematski prikaz rada brusilice za brušenje plašta grebena grebenastih osovina postupkom mehaničkog kopiranja



Sl. 167. Brusilica za okruglo brušenje bez upotrebe šiljaka

na protudržać jednom svojom izvodnicom, posmični valjak (brusno tijelo sa gumenim vezivom) okrećući se s malim brojem okretaja ($n \approx 10\ldots70$ o/min) zahvaća izradak na drugoj izvodnici i zadržava ga u okretanju izazvanom djelovanjem samog brusnog tijela — posmični valjak koči izradak u svojoj rotaciji — i time izaziva glavno rezno kretanje keramički vezanog brusnog tijela, koje se u odnosu na posmični valjak okreće mnogo brže ($n \approx 1500\ldots2500$ o/min), na trećoj izvodnici izratka. Naslon izratka na protudržać uzduž cijele dužine izvodnice omogućava visoki učin brušenja jer se izradak pri brušenju ne može progibati.

Brusilica za vanjsko okruglo brušenje izradaka bez upotrebe šiljaka (sl. 167) brusi izradak po promjeru, dok obična brusilica za okruglo vanjsko brušenje brusi izradak po polujeru u odnosu na os koja je određena šiljcima. Položaj momentane osi okretanja pri brušenju bez upotrebe šiljaka stalno se mijenja u zavisnosti od položaja onih momentanih izvodnica koje su u dodiru sa brusnim tijelom, posmičnim valjkom i protudržaćem. Osim toga pri brušenju bez šiljaka ne postoji prisilno okretanje izratka, što utječe na oblik brušenog presjeka.

Sirovi nebrušeni izraci nisu uvijek potpuno okrugli i stoga se pri podešavanju brusilica moraju — prostornim razmještajem izratka, brusnog tijela, posmičnog valjka i protudržića — postići uvjeti koji osiguravaju kružni oblik izratka i tačnost traženih izmjera. Pri obradi izradaka brušenjem bez šiljaka ne postoji uzročna veza između tačnog oblika i izmjere izratka.

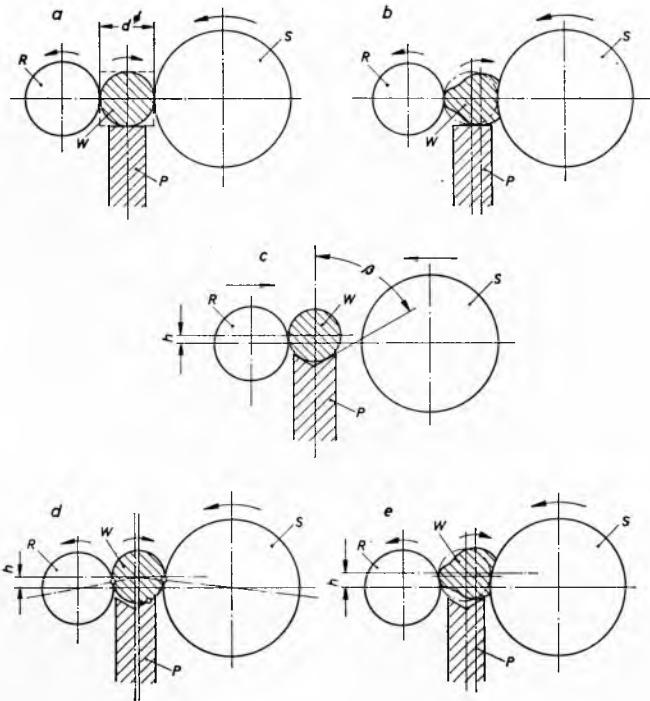


Sl. 168. Kružni nepravilni peteokut jednako promjera koji se slobodno može okretati unutar opisanog kvadrata.

ima oblik kružnog višekutnika koji se unatoč svog nepravilnog oblika može slobodno okretati unutar opisanog kvadrata.

U sl. 169a nalaze se središnjice (osi) brusnog tijela S , izratka W i posmičnog valjka R u istoj ravnini, dok se izradak oslanja na horizontalnu ravninu plohu protudržića. Ovim razmještajem triju elemenata postići će se tačni kružni presjeci samo u slučaju da je presjek izratka prije brušenja bio tačna kružnica. U slučaju da presjek nije tačna kružnica, već postoje i sasvim mala odstupanja od kružnog oblika (sl. 169b; pretjerano nacrtano uzdignuće profila), kad naide takvo uzdignuće (udubljenje), posmični valjak potisne izradak k brusnom tijelu, koje u izradak ubrusi na tom mjestu jedno udubljenje (uzdignuće). Daljnjim brušenjem povećavaju se ove razlike i nastaje kružni nepravilni višekut namjesto traženog kružnog profila.

Potpuno kružni profili se postižu ako se pri podešavanju brusilice središnjica izratka izdigne na visinu $h \approx 0,25\ldots0,4 d$ iznad ravnine u kojoj se nalaze osi brusnog tijela i posmičnog valjka (sl. 169c) i ako se izradak naslanja na obe plohe V-vodilice protudržića. Nakon podešavanja posmični valjak potisne izradak malo k brusnom tijelu, uslijed čega će se izradak naslanjati samo na desni bok V-vodilice, a sama visina središnjice izratka povećat će se na $h_1 > h$. Primaknuto brusno tijelo brusit će tačan kružni profil iako ishodni profil nije bio kružnica, jer se sada korespondirajuće izvodnice brusnog tijela i posmičnog valjka ne nalaze više na promjeru već na jednoj tetivi kružnog profila (sl. 169d). U sl. 169e prikazano je brušenje profila s jednim uzdignućem (udubljenjem). I u ovom slučaju uzdignuće će potisnuti izradak k brusnom tijelu i ono će ubrusiti na protustrani udubljenje, ali se ono sada ne nalazi u dijametralno suprotnom položaju. Slijedećim odbrusom taj se položaj sve više mijenja sve dok se ne postigne tačna kružnica u presjeku izratka, jer tokom brušenja nestaje i samo uzdignuće (udubljenje).



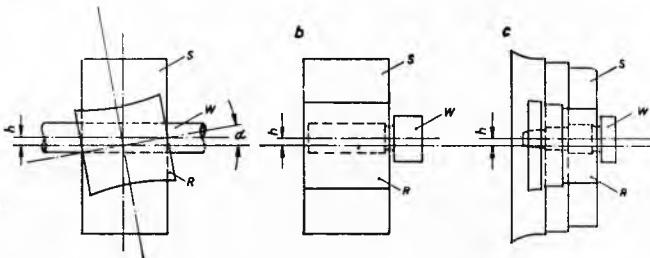
Sl. 169. Razmještaj izratka W , brusnog tijela S , posmičnog valjka R i protudržića P pri brušenju bez upotrebe šiljaka

Na izracima brušenim na brusilicama bez šiljaka moraju se izvesti dva različita mjerjenja: mjerjenje tačnosti geometrijskog oblika s pomoću metode mjerjenja u tri tačke (izradak se sa dvije dodirne tačke uleži u V-prizme mjerila, a sa komparatorom mjeri se na trećoj dodirnoj tački odstupanje od geometrijskog oblika pri okretanju izratka u V-prizmi) i mjerjenje tačnosti samoga promjera s pomoću mjerila sa paralelnim mjernim plohama (kljunastog mjerila, račvaste mjerke itd.).

U zavisnosti od položaja koji pri brušenju zauzimaju brusno tijelo S , posmični valjak R i izradak W jedan naprava drugome (sl. 170) i u zavisnosti od njihova oblika razlikujemo: prolazno brušenje, poprečno brušenje i profilno brušenje.

Prolaznim brušenjem (sl. 170a) bruse se kratki i dugi ravni cilindrični izraci koji nemaju čeonih stepenica i čije su izvodnice pravci paralelni sa osi. Os posmičnog valjka R nagnuta je za kut α naprava osi brusnog tijela S . Izraci se umeće u međuprostor između brusnog tijela i posmičnog valjka — nazvan brusno ždrijelo — s jedne strane, a izlaze automatski na drugoj strani iz ždrijela. Izraci se mogu u neprekidnom nizu ugurati u ždrijelo bilo ručno bilo automatski. Posmični valjak ne podešava samo brzinu okretanja izratka već daje izratku — zbog svoga nagiba — odgovarajući uzdužni posmak. U sl. 171 prikazano je prolazno brušenje duge cijevi.

Posmični valjak oblikuje se i izoštrava prolazom dijamanta uzduž pravca paralelnog s osi izratka, a u horizontalnoj ravnini koja prolazi kroz tu os. Kako je pri prolaznom brušenju posmični valjak nagnut za kut α , valjak dobiva hiperboloidni oblik i imohodna izvodnica valjka u potpunosti naliježe na izvodnicu izratka. Brusno tijelo izoštravanjem i oblikovanjem dobiva cilindrični oblik.



Sl. 170. Postupci brušenja bez šiljaka. a prolazno brušenje, b poprečno brušenje, c profilno brušenje; S brusno tijelo, R posmični valjak, W izradak

Poprečnim brušenjem (sl. 170b) bruse se cilindrični izraci s jednom čeonom stepenicom koja sprečava upotrebu prolaznog brušenja. Osi brusnog tijela i posmičnog valjka su paralelne, ako se ne želi zabrusiti i čeona ploha. Ako je potrebno da se čeona ploha zabrusi, posmični se valjak nagne za mali kut $\alpha \approx 30^\circ$. Čelo izratka se lagano nasloni na brusno tijelo, koje ovu plohu obradi brušenjem. Pri brušenju ulaže se izradak — uz odmaknuto brusno tijelo — u ždrijelo, naslanjajući izradak na protudržać i posmični valjak. Brusno tijelo prilazi u poprečnom smjeru k izratku i pod poprečnim posmokom brusi izradak dok ne postigne traženu izmjeru. Nakon izvršenog brušenja povratnim brzim hodom vraća se brusno tijelo u svoj ishodni položaj.

Profilno brušenje (sl. 170c) odgovara poprečnom brušenju s razlikom da se pri profilnom brušenju upotrebljavaju profilirana brusna ploče i posmični valjci. Osi brusne ploče i posmičnog valjka međusobno su paralelne. Profil brusnog tijela u potpunosti odgovara profiliranoj izvodnici izratka, dok profil posmičnog valjka odstupa od tačnog profila izratka jer njegov profil ne dotiče čeone plohe izratka, a osim toga je posmični valjak obično nešto kraći od izratka.



Sl. 171. Prolazno brušenje duge cijevi



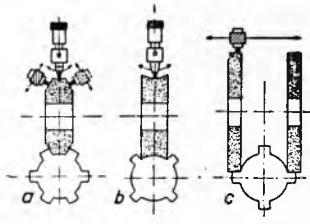
Sl. 172. Uredaj za oblikovanje i izoštavljavanje brusnog tijela, odnosno posmičnog valjka

Brusne ploče i posmični valjci oblikuju se i izoštavljaju dijamantom pomoću uređaja za izoštavljavanje (sl. 172), koji ugradnjom odgovarajućih šablona može hidrauličnim kopiranjem profilirati brusno tijelo, odnosno, drugim uređajem, posmični valjak.

Brusilice za okruglo vanjsko brušenje bez šiljaka upotrebljavaju se u masovnoj proizvodnji dijelova i prema namjeni postoje brusilice sa ručnim, poluautomatskim i punim automatskim upravljanjem radom brusilice.

Brusilica za brušenje klinastih osovina upotrebljava se za brušenje jezgrenog lučnog plašta klinaste osovine, kao i bočnih ploha svakoga kline (sl. 173). Na uzdužno pomicnom stolu, koji dobiva pogon od hidrauličnog pogonskog uređaja, nalaze se diobeno vretenište za prihvati izratka i jahač. Između šiljaka vreteništa za prihvati i jahača upinje se klinasta osovinu. Profilirana brusna ploča (sl. 174) brusi klinastu osovinu uzdužno u smjeru njezine osi, s time da u međukliniski prostor uđe sa strane jahača. Nakon što je u prilaznom hodu prebrusila osovinu, brusna ploča to isto čini i u povratnom hodu. Nakon izlaza brusne ploče iz međukliniskog prostora vretenište za prihvati izratka, sudarivši se sa podešenim graničnikom (na stražnjoj strani postolja), zaokrene klinastu osovinu za jednu diobu, i u dvostrukom hodu stola brusna ploča prebrusi međukliniski prostor koji je diobom stavljen u položaj za brušenje. Dijeljenje vrši se s pomoću posebnih vrlo tačno izrađenih diobenih ploča koje se ugraduju u vretenište za prihvati izratka. Brusno vreteno, horizontalno položeno okomito na uzdužni smjer hoda stola, uležišteno je u brusnom vreteništu

koje je vertikalno podesivo. Na brusnom vreteništu nalazi se uređaj za izoštavljavanje i oblikovanje brusne ploče dijamantom, kojim se prema upotrebljenom postupku brušenja profiliraju brusne ploče. Postoje dva postupka brušenja (sl. 173): postupak istovremenog brušenja lučnog plašta klinaste osovine i bočnih ploha



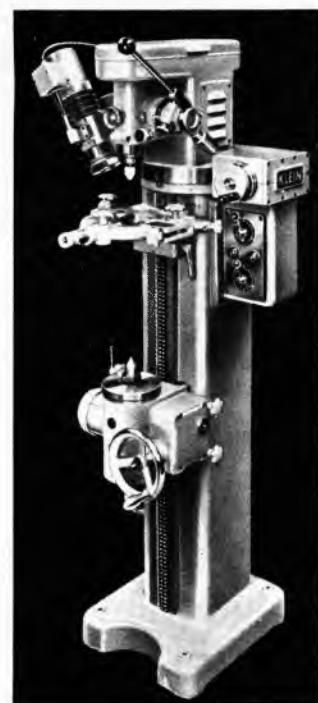
Sl. 173. Postupci brušenja klinastih osovina



Sl. 174. Brušenje klinaste osovine

pridruženih bokova klina (sl. 173a) i postupak brušenja u dvije operacije, pri kojemu se u prvoj operaciji brusi lučni plasti profiliranom brusnom pločom, a u drugoj operaciji suprotno položeni bokovi klina sa dvije cilindrične brusne ploče potpuno jednakog promjera (sl. 173b, c i 174). U slici 173 prikazano je također oblikovanje i izoštavljavanje brusnih ploča dijamantima za oba postupka brušenja klinastih osovina.

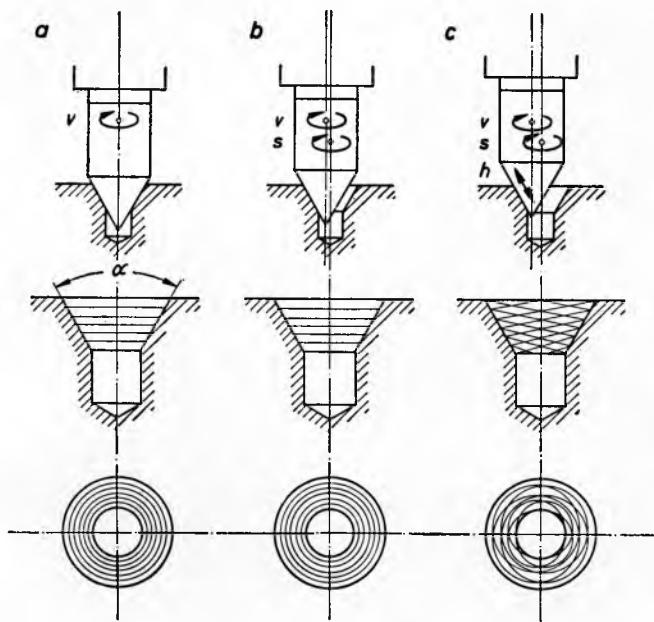
Brusilica za brušenje stožne plohe središnjih uvrta (sl. 175) sastoje se od vretenište glave u kojoj je brusno vreteno u vertikalnom položaju uležišteno u pinoli pokretanoj ručnom, protutegom izbalansiranom polugom. Brusni stožac pričvršćen je na brusnom vretenu. On se oblikuje i izoštava pod stalnim vršnim kutom $\alpha = 60^\circ$ ili 90° s pomoću posebne brusne ploče čija je os okretanja nagnuta prema osi brusnog vretena za kut $\alpha/2$. Brusno vreteno je u normalnom položaju koaksijalno sa šiljkom vreteništa za prihvati izratka. Ovo vretenište je visinski podesivo na stupu brusilice i ima posebni pogonski motor za okretanje svoga vretena. Vreteništa brusne glave položena je na okretnu ploču stupa i može se preko ručnog kola i ugradenog pužnog prenosa zaokrenuti oko osi okretne ploče za izvjetan kut, uslijed čega os brusnog vretena izlazi iz koaksijalnosti sa osi vretena za prihvati izratka, ostajući s njome paralelna. Postoje tri postupka pri brušenju stožnih ploha središnjih uvrta (sl. 176):



Sl. 175. Brusilica za brušenje stožne plohe središnjih uvrta

a) Postupak brušenja profiliranim brusnim stožcem punim obuhvatom stoča središnjeg uvrta (sl. 176a). Osovina se nasadi svojim jednim uvrтом na mirujući šiljak vreteništa za prihvati izratka. Gornjom linetom dovede se gornji uvrst u os brusnog vretena s pomoću justirnog šiljka. Zatim se ručnom polugom utisne rotirajući profilirani brusni sto-

žac u mirujući središnji uvrt. Ovaj postupak ne osigurava tačan oblik središnjeg uvrta. Strugotine ostaju pri brušenju u uvrtu, brusni stožac se nejednakost troši, vršni kut ne održava svoju određenu veličinu. Brusne linije su kružnice.

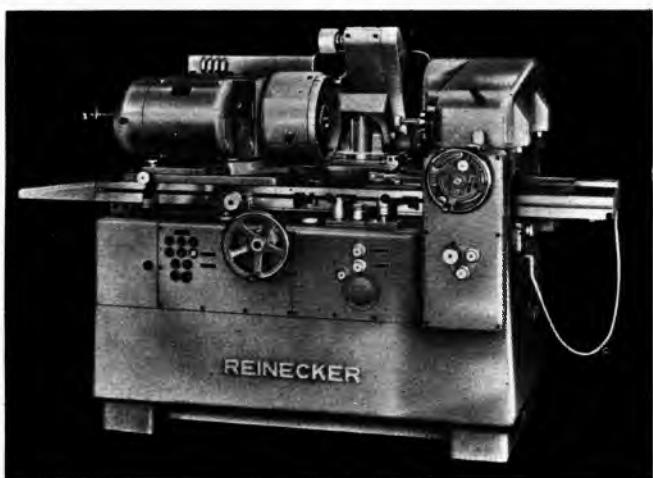


Sl. 176. Postupci brušenja stožnih ploha središnjih uvrta

b) Postupak brušenja profiliranim brusnim stošcem po izvodnici stošca (sl. 176b). Osovina se justirnim šiljkom stavi u koaksijalni položaj sa osi brusnog vretena u normalnom položaju. Osovina nasadena na šiljak vreteništa za prihvati izratka okreće se oko svoje osi, pridržana na gornjoj strani linetom. Ručnim kolom zaokrene se vretenišna glava i rotirajući brusni stožac svojom izvodnicom brusi stožac središnjeg uvrta u istoj izvodnici. Oblik stošca središnjeg uvrta zavisi od tačnosti izoštrenog brusnog stošca. Brusne linije su kružnice. Tačnost središnjeg uvrta na udar je $\sim 0,03$ mm.

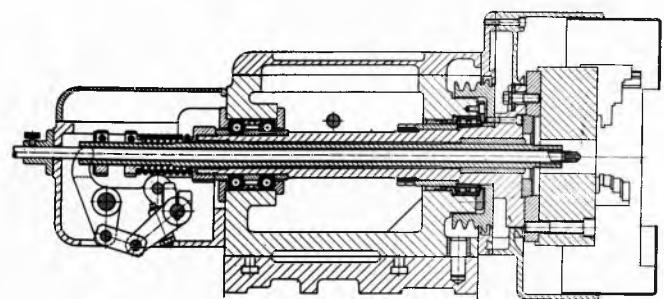
c) Postupak brušenja profiliranim brusnim stošcem po izvodnici sa oscilirajućim kretanjem brusnog stošca duž brusne izvodnice (sl. 176c). Dodajući postupku opisanom pod b) još i oscilirajuće kretanje brusnog stošca duž izvodnice, brušeni središnji uvti postižu tačnost na udar $\sim 0,002$ mm. Brusne linije na stošcu središnjeg uvrta su valovito križnog oblika.

Brusilice za unutarnje okruglo brušenje (sl. 177) služe za brušenje cilindričnih i stožastih provrta i uvrta i čeonih ploha na izracima postupkom obodnog i čeonog brušenja.

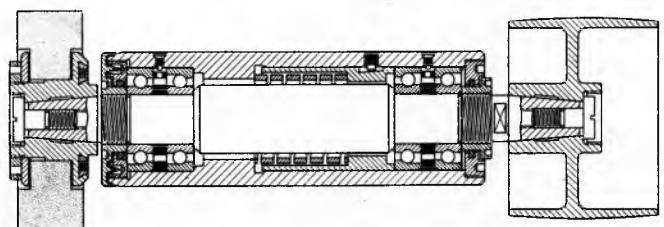


Sl. 177. Brusilica za unutarnje okruglo brušenje provrta i čeonih ploha izratka postupkom čeonog brušenja

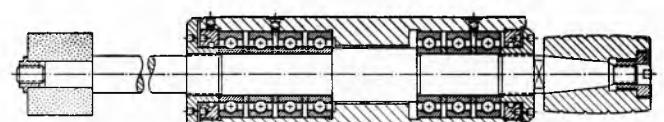
Na uzdužno pomičnom stolu, koji je voden u vodilicama postolja a pokretan je hidrauličnim pogonskim uređajem s bestepeno podesivom brzinom $v = 0,1 \dots 6$ m/min (brzi hod $v = 10$ m/min), sličnim pogonskom uređaju univerzalnih brusilica, smješteno je na posebnoj ploči vretenište za prihvati izradaka (sl. 178), koje se oko vertikalne osi svornjaka ploče može zaokretati u horizontalnoj ravnini ($\alpha \approx \pm 30^\circ$ ili 360°), radi brušenja konusnih provrta i uvrta. Poseban potpuno izbalansiran motor goni vreteno za prihvati izratka, koje preko višeosovinskog zupčanog prenosa i klinastih remena dobiva nekoliko nekoliko brzina okretanja (4 do 8) od $n_w = -100$ do $n_w = 500$ o/min. Šuplje vreteno uležište je u vrlo precizne dvostrukе valjkaste ležaje čija je zračnost podesiva, a prirubnica vretena dozvoljava ugradnju raznih prihvavnih uređaja (dvočeljusnih, tročeljusnih ili četveročeljusnih steznih glava, steznih čahura, specijalnih steznih uređaja — sa ručnim ili hidrauličnim



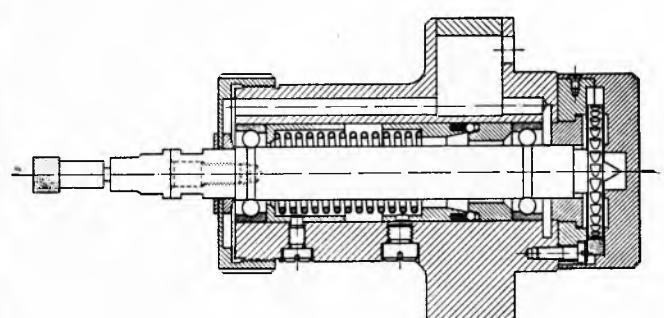
Sl. 178. Vretenište za prihvati izratka brusilice za unutarnje okruglo brušenje



Sl. 179. Brusno vretno za brušenje većih provrta ($n_{\max} \approx 20\ 000$ o/min). Na brusno vretnu mogu se pričvrstiti vretni nastavci razne duljine za prihvati brusnih valjaka raznih promjera. Pogon plosnim remenom



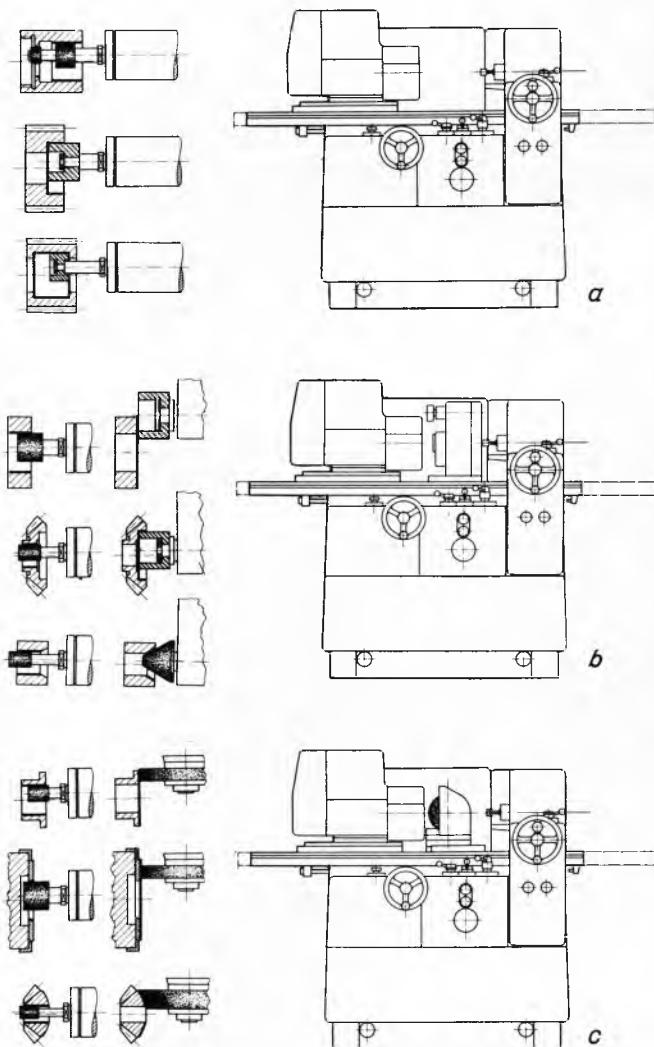
Sl. 180. Brusno vretno za unutarnje brušenje ($n_{\max} \approx 60\ 000$ o/min). Pogon plosnim remenom



Sl. 181. Brusno vretno za unutarnje brušenje malih provrta ($D = 2 \dots 8$ mm \varnothing) s pogonom tlačnim uzduhom preko uzdušne turbine ($n_{\max} \approx 160\ 000$ o/min)

stezanjem). Na poprečnom mostu nalazi se pokretni poprečni suport na kojem je ugrađeno brusno vretno zajedno sa svojim pogonskim elektromotorom. U zavisnosti od promjera D provrta koji se brusi, odnosno u zavisnosti od promjera D_1 brusnog valjka ili ploče ($D_1 < D$), upotrebljavaju se razna brusna vretena za

unutarnje brušenje. U sl. 179 prikazan je presjek kroz brusno vreteno za brušenje prvrta većih dimenzija, koje služi i za vanjsko okruglo brušenje ($n_{\max} \approx 20\,000$ o/min). Brusno vreteno za veći broj okretaja uležište je u cijeli niz vrlo preciznih kugličnih ležaja (sl. 180) i služi samo za unutarnje okruglo brušenje ($n_{\max} \approx 60\,000$ o/min). Brušenje vrlo malih prvrta od 2 do 8 mm \varnothing iziskuje brusno vreteno sa vrlo visokim brojem okretaja, te su takva brusna vretena gonjena uzduhom pod pritiskom preko usdušne turbine (sl. 181), a maksimalni broj okretaja iznosi $n_{\max} \approx 160\,000$ o/min. (Postoje za ove brojeve okretaja i pogoni sa plosnim remenom gonjeni motorima napajanim iz pretvarača frekvencije). Ručnim kolom može se poprečno pomicati brusni suport sa brusnim vretenom, a jedan razdjelak mjernog prstena iznosi 0,001 mm. Pri radu brusilice brusno se vreteno nakon



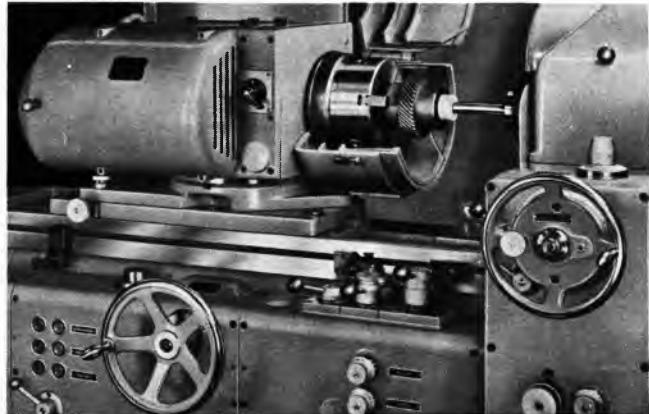
Sl. 182. Postupci brušenja na brusilicama za unutarnje brušenje

dvostrukog hoda stola automatski primiče plaštu prvrta i pojedine dubine odbrusa podesive su bestepeno od $a = 0$ do $a = 0,01$ mm.

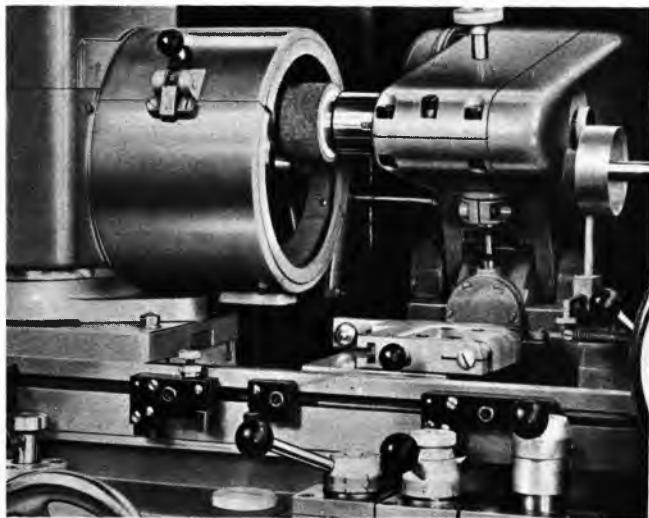
Brusilice za unutarnje brušenje ili su snabdjevene samo vretenom za unutarnje brušenje ili također uredajima za brušenje čeonih vanjskih ploha. Brusilicom koja ima samo vreteno za unutarnje brušenje (sl. 182a i 183) mogu se brusiti prolazni prvrti i neprolazni uvrti jednog promjera ili raznih promjera, uvrti s priključenom unutarnjom čeonom plohom, prošireni unutarnji uvrti s priključenim čeonim ploham, konični prvrti i uvrti. Za brušenje vanjskih čeonih ploha imaju brusilice na posebnom poprečnom suportu posebno brusno vreteno sa svojim pogonskim motorom, bilo za čeonu brušenje (manjih vanjskih čeonih ploha, većih uvrti i unutarnjih stožaca, sl. 182b i 184) ili za obodno brušenje (većih ravnih ili profiliranih čeonih ploha, sl. 182c i 185). Nakon brušenja prvata ili uvrti, vanjske se

čone plohe itd. u istom zahvatu bruse drugim brusnim vretenom, što osigurava tačnost njihova položaja u odnosu na brušeni prvrt.

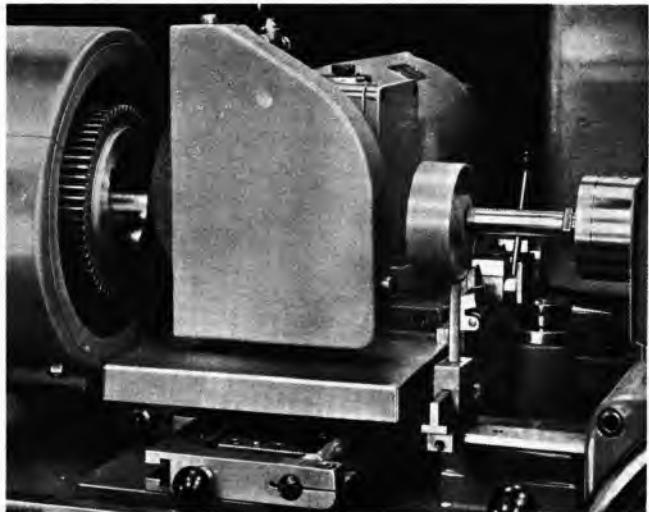
Izmjera prvrta se za vrijeme brušenja može odrediti direktno ili indirektno. Za direktno mjerjenje izmjere prvrta (sl. 186),



Sl. 183. Unutarnje brušenje prolaznog prvrta zupčanika



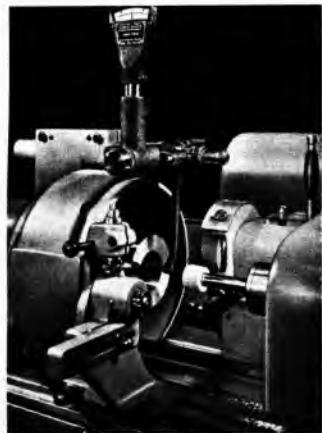
Sl. 184. Brušenje prvrta zupčanika unutarnjim brušenjem i čone plohe zupčanika postupkom čeonog brušenja, nakon brušenja prvrta



Sl. 185. Brušenje prvrta zupčanika unutarnjim brušenjem i čone plohe zupčanika postupkom obodnog brušenja, nakon brušenja prvrta

nakon prvih odbrusa prvrta ulazi u nj ticalo na čijoj se dodirnoj plohi nalazi konveksno brušeni dijamant koji laganom silom

dodiruje plašt neutorenog provrta. Položajni pomak ticala prenosi se polužnim mehanizmom na mjernu uru (komparator, minimetar; 1 razdjelak = 0,001 mm). Pošto kazaljka dostigne značku (podešenu prema prvom izratku), isključi se ručnom ili automatskom komandom rad brusilice. Ovaj se način može upotrijebiti samo za mjerenje neutorenih provrta i uvrta.



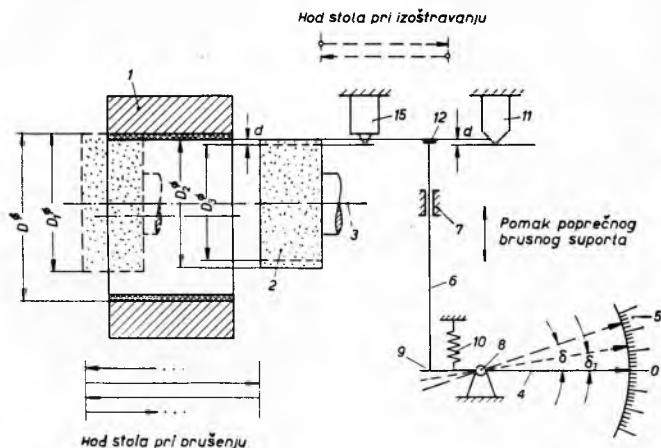
Sl. 186. Direktno mjerjenje provrta za vrijeme brušenja



Sl. 187. Indirektno mjerjenje provrta

Uredaj za indirektno mjerjenje prikazan je u pogledu na sl. 187 a shematski na sl. 188. Promjer provrta izratka 1 nakon brušenja treba da dostigne veličinu D . Brusni valjak 2 na brusnom vretenu 3 ulazi u provrt te uzdužnim hodom stola brusilice

i poprečnim pomakom brusnog suporta — nakon svakog dvostrukog hoda stola — brusi plašt provrta, skidajući u svakom dvostrukom hodu po jedan odbrus debljine a . U frikcionom ležištu 7, koje je položajno čvrsto vezano uz os brusnog vretena (3 i 7 uvijek se zajedno pomiču) nalazi se uležištena motka 6, koja je trenjem vezana za ležište 7 i koja potiskuje kazaljku 4 uležištenu u ležaj 8 protiv sile navojnog pera 10. Pri završetku brušenja prethodnog izratka brusni valjak ima promjer D_1 . Poprečnim povlačenjem brusnog suporta (brusnog



Sl. 188. Principijelna skica uredaja za indirektno mjerjenje postignute izmjene provrta

vretena 3 i ležaja 7) kazaljka 4 se otkloni za kut δ . Za vrijeme grubog brušenja brusno vreteno 3 zajedno s ležajem 7 i frikcijom vezanom motkom 6 pomiču se naprijed automatskim pomakom, i kad kazaljka 4 dođe u položaj 0, u izratku bi trebalo da je postignut tačni promjer D . Međutim, za vrijeme grubog brušenja brusni valjak smanjio je svoj promjer na $D_2 < D_1$ i zbog toga nije postignut traženi promjer D izratka. Razlika iznosi nekoliko stotina milimetara. Nakon što je kazaljka 3 došla u položaj 0, brusni valjak se izoštrava na položajno tačno podešenom dijamantu 15 i dobiva promjer manji za $2d \approx 0,02$ mm. Istodobno, za vrijeme izoštravanja brusnog valjka prolazom ispred dijamanta, čeona ploha 12 potisne motku 6, a time i kazalju 4 iz položaja 0. Otklon kazaljke iznosi δ_1 . Nakon izoštravanja je promjer brusnog valjka $D_3 < D_2$ i brusni valjak bez poprečnog pomaka može ući u provrt izratka.

Položaj kazaljke δ_1 i brusna izvodnica brusnog valjka promjera D_3 zauzimaju takav medusobni položaj da kada finim brušenjem odbrusa debljine $0,02\cdots 0,03$ mm brusni valjak izbrusi u izradak traženi promjer provrta D , kazaljka uđe u položaj 0. Trošenje novo izoštenog brusnog valjka pri finom brušenju tankog odbrusa je minimalno i nemjerljivo, te čim kazaljka 4 uđe u položaj 0, unutarnje brušenje je završeno. Uredaj za indirektno mjerjenje podešava se na prvom ispravno izbrusenom provrtu izratka na kojem je apsolutna izmjera provrta provjerena odgovarajućim mjerilima. Postoji poluautomatsko i puno automatsko upravljanje radom brusilice za unutarnje brušenje posredstvom uredaja za indirektno mjerjenje.

Uredajem s graničnom mjericom mogu se direktno odrediti i izmjere utorenih cilindričnih prolaznih provrta. Mjerke sa dva različita (granična) promjera za vrijeme brušenja periodično dotiču stražnji ulaz u provrt izratka. Čim manji promjer mjerke (gruba obrada) može da uđe u provrt, brusilica automatski prelazi na izoštravanje brusnog valjka i zatim prelazi na fino brušenje provrta do promjera koji je određen ulazom većeg promjera mjerke. Pri prvoj mogućnosti ulaza većeg promjera mjerke u provrt, brusilica automatski obustavlja rad.

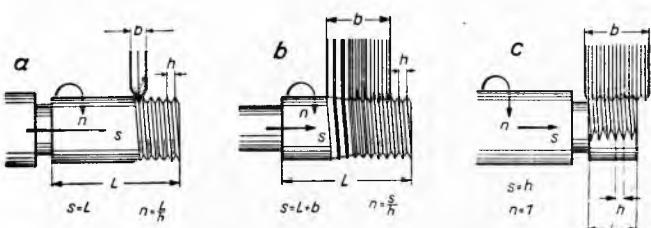
Brusilice za brušenje navoja, puževa i navojno profiliranih osovina (sl. 189) bruse izratke profiliranim brusnim pločama. Ispred profilirane brusne ploče, čije se vreteno može oko



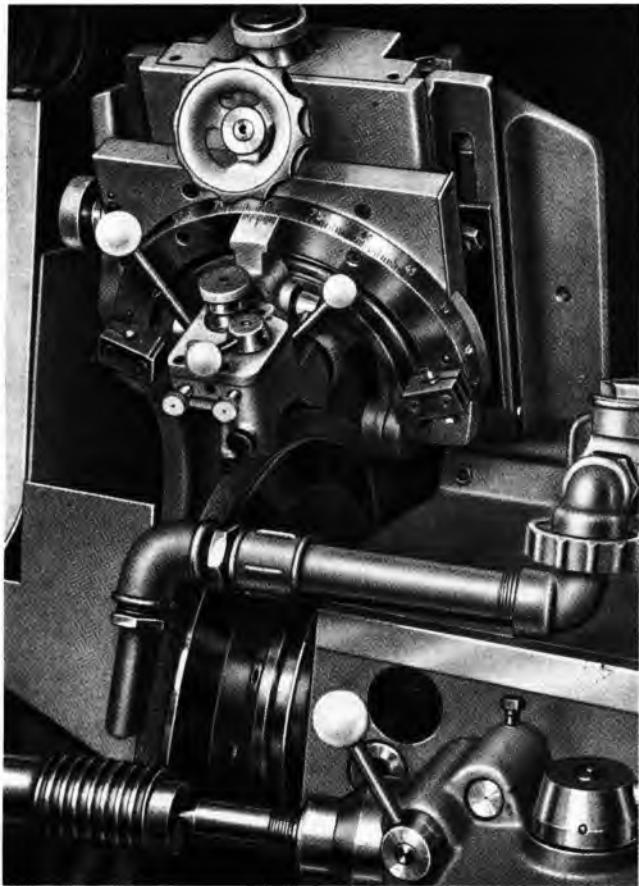
Sl. 189. Brusilica za brušenje navoja, puževa i navojno profiliranih osovina

horizontalne osi nagnjati u vertikalnoj ravnini za kut uspona zavojnice α , klizi uzdužni stol — vođen na vodilicama postolja kotrljajućim letvama — na kojem se nalazi vretenište za prihvati izratka i jahač. Okretanje vretena za prihvati izratka vezano je preko prenosnog mehanizma i izmjenljivih zupčanika za uzdužni hod stola u odnosu $i = h/H$, ako je h uspon zavojnice na izratku a H uspon posmičnog navojnog vretena brusilice.

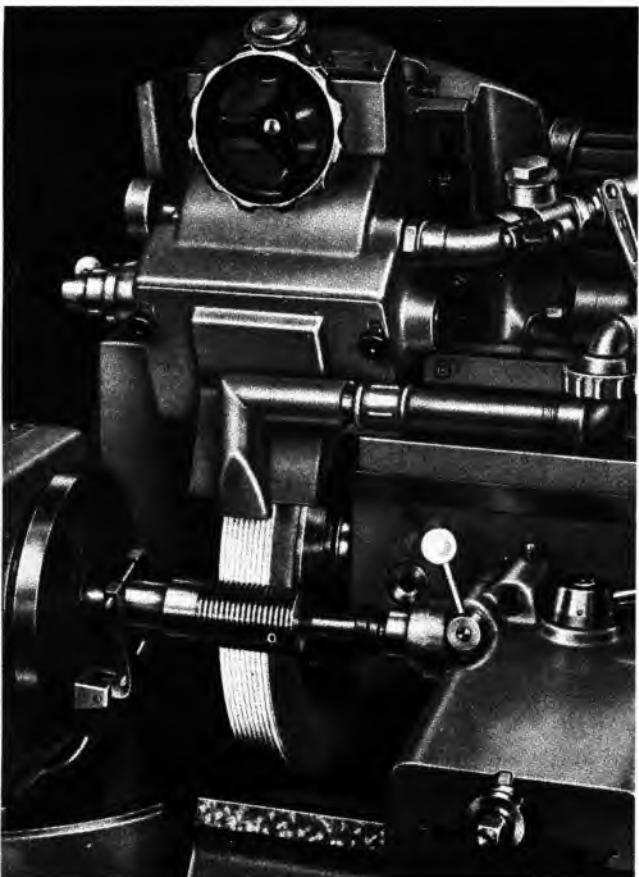
Vanjski navozi mogu se brusiti uzdužnim i poprečnim brušenjem. Pri uzdužnom brušenju jednoprofilnom brusnom pločom (sl. 190a i 191) izradak se okreće koliko puta koliko ima navoja na izratku ($n = L/h$). Postiže se tačnost bočnog promjera u toleranciji $\pm 0,002$ mm; tolerancije uspona na 300 mm duljine



Sl. 190. Postupci brušenja vanjskih navoja. a uzdužno brušenje jednoprofilnom brusnom pločom, b uzdužno brušenje višeprofilnom brusnom pločom, c poprečno brušenje višeprofilnom brusnom pločom

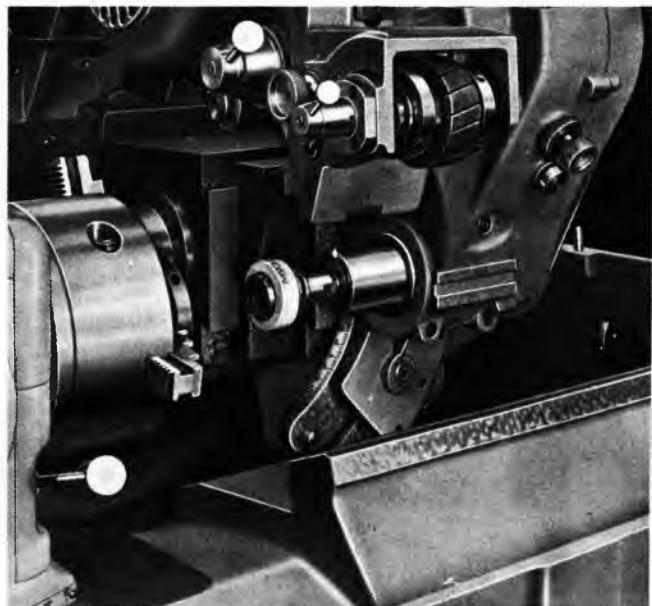


Sl. 191. Uzdužno brušenje navoja jednoprofilnom brusnom pločom



Sl. 192. Uzdužno brušenje navoja višeprofilnom brusnom pločom

navoja su $\pm 0,005$ mm. Taj postupak upotrebljava se za brušenje vrlo preciznih diobenih i transportnih navojnih vretena za alatne i mjerne uređaje. Pri uzdužnom brušenju višeprofilnom brusnom pločom (sl. 190b i sl. 192) izradak se okreće koliko ima navoja na izratku, povećano za broj profila na brusnoj ploči [$n = (L + b)/h$]. Ovim postupkom postiže se tolerancija u bočnom promjeru navoja $\pm 0,005$ mm, a u usponu na 300 mm duljine $\pm 0,01$ mm. Upotrebljava se za brušenje navoja duljih nego što je širina brusne ploče ($L > b$) i za prebrušenje vrlo preciznih navoja. Prvi profili na brusnoj ploči su skošeni. Pri poprečnom brušenju višeprofilnom brusnom pločom (sl. 190c) izradak se okreće samo jedanput ($n = 1$). Ovim postupkom postiže se tolerancija u bočnom promjeru navoja $\pm 0,01$ mm, a u usponu na 25 mm duljine navoja $\pm 0,005$ mm. To je najracionalniji postupak. Upotrebljava se pri brušenju navoja na steznim elementima i kao predbrušenje za vrlo precizne navoje. Širina brusne ploče b treba da je veća od duljine navoja L ; $b > (L + h)$. *Unutarnji navoji* bruse se brusnim vretenom za unutarnje brušenje uzdužnim brušenjem višeprofilnom brusnom pločom (sl. 193). Bokovi zavojnice *puževa* bruse se uzdužnim brušenjem jednoprofilnom ili višeprofilnom brusnom pločom, u zavisnosti od uspona (modula) i vrste puža i od njegova promjera i namjene.



Sl. 193. Brušenje unutarnjeg navoja višeprofilnom brusnom pločom

Navojno profilirane osovine raznih profila bruse se uzdužnim ili poprečnim brušenjem višeprofilnom ili jednoprofilnom brusnom pločom.

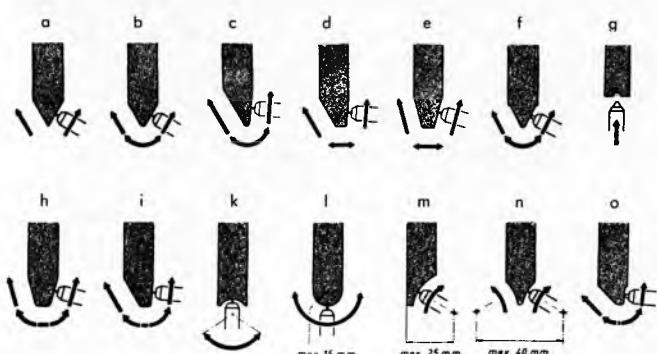
Brušeni profili po obliku i tačnosti geometrijskog lika i izmjera zavise isključivo od tačnosti profila na profiliranim brusnim pločama. Brusne ploče oblikuju se dijamantima ili profiliranim rotirajućim valjcima. Brusne ploče za brušenje profila vanjskih i unutarnjih navoja i ostalih profiliranih uzvojnica na vretenastim osovinama odnosno u povrtima mogu se s pomoću *uredaja za profiliranje jednoprofilne brusne ploče* profilirati kombinacijom pravocrtnih i lukačnih kretanja vrhova dijamantata kojima se upravlja pogodno raspoređenim graničnicima (sl. 196), a u *uredaju za profiliranje jednoprofilnih i višeprofilnih brusnih ploča* kretanjem dijamantnog vrha po profilu koji se prenosi uz pomoć pantografa sa povećane šablone (sl. 194). Profili koji se mogu dobiti prvim uređajem prikazani su na sl. 196, profili izrađeni drugim uređajem, na sl. 197. Pri utiskivanju profila u brusnu ploču s pomoću rotirajućeg protuprofiliranog užlijebljenog valjka veće širine nego što je širina brusne ploče (sl. 195, v. i sl. 192) valjak i brusna ploča rotiraju bez međusobnog klizanja u protusmjeru obodnom brzinom od ~ 2 m/s. U sl. 198 prikazani su razni profili dobiveni postupkom utiskivanja; na sl. 193 vidi se valjak za utiskivanje profila u višeprofilnu brusnu ploču za rezanje unutarnjeg navoja.



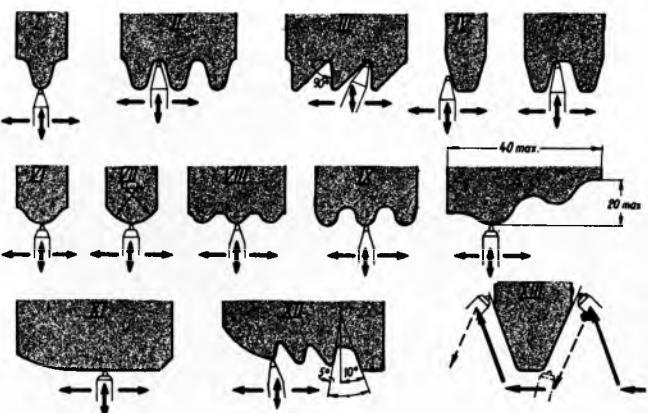
Sl. 194. Pantograf za profiliranje brusne ploče sa povećane šabljone

Sl. 195. Utiskivanje protuprofiliranog rotirajućeg valjka u rotirajuću brusnu ploču

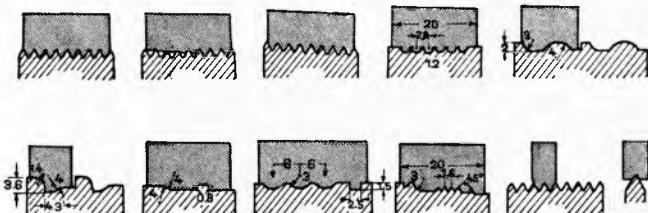
Kod puževa s velikim usponom zavojnice ne poklapaju se aksijalni profili puževe zavojnice s profilom brusne ploče. Razlika između oba profila zavisi od veličine kuta uspona na bočnom promjeru, od odnosa promjera brusne ploče naprama promjeru puža, od razlike između kutova uspona na vanjskom promjeru puža i unutarnjem promjeru i od veličine bočnog kuta β . Pravocrtno profilirana brusna



Sl. 196. Profiliranje brusnih ploča kombinacijom pravocrtnih i lučnih kretanja dijamanta



Sl. 197. Profiliranje brusnih ploča dijamantom s pomoću pantografa

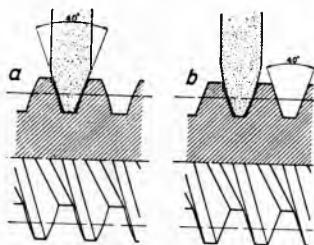


Sl. 198. Profiliranje raznih oblika postupkom utiskivanja protuprofiliranog valjka u brusnu ploču

ploča daje konveksno oblikovane bokove na zavojnicama puža (sl. 199 a), a ispravno konveksno profilirana brusna ploča daje u aksijalnom presjeku pravocrtno oblikovane bokove puža (sl. 199 b). Za pravocrtnе bokove (Arhimedov puž) profilira se brusna ploča povratnim postupkom s pomoću dijamanta uređajem koji se upinje između šiljaka vreteništa za prihvrat izratka i jahača (sl. 201). Brusilica je u pogledu odnosa prenosa $i = h/H$ podešena za brušenje određenog uspona puža, kao i za brušenje boka na određenom bočnom promjeru. Prilikom profiliranja brusne ploče dijamant se ručno pokreće pravocrtno uzduž boka zavojnice puža u aksijalnom presjeku, pri čemu pravocrtno pokretni dijamant zaokretanjem uređaja oko svoje osi u odnosu $i = h/H$ opisuje bočnu plohu zavojnice i time pri prolazu pokraj brusne ploče, koja je nagnuta za kut uspona α , nju ispravno konveksno profilira na jednoj strani. Pošto se nosilac dijamanta zaokrene za bočni kut β , profilira se ponovnim prolazom dijamanta druga strana brusne ploče.

Posebnim uređajem mogu se na brusilicama za navoje unatrag brusiti ravno ili koso utvorene zavojnice na navojnim svrdlima i odvaljnim glodalima.

Brusilice za plosno brušenje dijele se po postupku brušenja u zavisnosti od vrste stola u brusilice za plosno brušenje obodnim brušenjem na uzdužnom (sl. 202) ili okretnom stolu (v. sl. 139, a, b i c) i brusilice za plosno brušenje čeonim brušenjem na uzdužnom (sl. 200) ili okretnom stolu (v. sl. 140a, b i c). Sve četiri izvedbe brusilica za plosno brušenje izvode se sa horizontalnim ili sa vertikalnim stolovima, pri čemu prevladavaju brusilice sa horizontalnim stolovima zbog lakšeg prihvata izradaka. Brusnom tijelu, odnosno brusnom vreteništu, dat je ručni i automatski pomak za dubinu odbrusa, a potrebno posmično kretanje izvršuje uzdužni, odnosno stalno rotirajući okrugli stol. Pogon uzdužnog stola je hidraulični sa bestepenom regulacijom brzine hoda, pri čemu je veličina hoda stola podesiva graničnicima pričvršćenim na čeonu plohi stola. Brzina okretanja rotirajućih okruglih stolova također se može bestepeno regulirati.



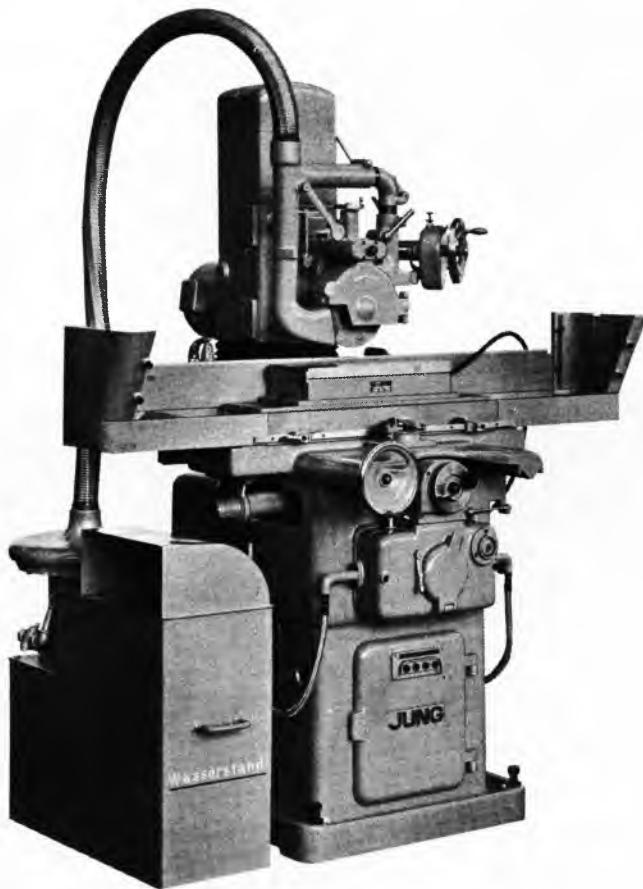
Sl. 199. Aksijalni presjek puža. a konveksni bok zavojnice, b pravocrtni bok zavojnice



Sl. 200. Brusilica za plosno brušenje čeonim brušenjem



Sl. 201. Uredaj za profiliranje brusne ploče za brušenje puža s pravocrtnim bokom zavojnice u aksijalnom presjeku



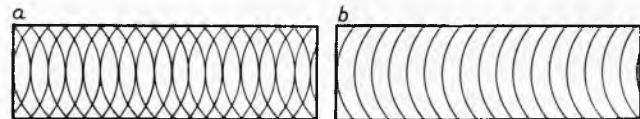
Sl. 202. Plosna brusilica s obodnim brušenjem

Plosne brusilice s obodnim brušenjem snabdjevene su i poprečnim pomakom bilo brusnog vreteništa bilo uzdužnog stola, odnosno rotirajućeg okruglog stola, radi prelaza brusne ploče po cijeloj širini uzdužnog stola ili po duljini polumjera okruglog stola. Plosne brusilice sa čeonim brušenjem — radi prekrivanja cijele širine uzdužnog stola odnosno polumjera okruglog stola lončastim brusnim tijelom — nemaju poprečnog pomaka stola ili brusnog vreteništa.

Obodno brušenje na brusilicama za plosno brušenje daje — zbog manje dodirne plohe između brusnog tijela i izrata — manji učin brušenja nego čeono brušenje, ali se obodnim brušenjem postižu veće tačnosti brušenih ploha nego čeonom brušenjem. Brusilice s rotirajućim stolom upotrebljavaju se za plosno fino brušenje raznih izradaka. Utjecaj što bi ga na tačnost brušene površine izrata imalo smanjivanje posmične brzine kretanja pri prilaženju brusne ploče središtu okruglog stola otklanja se nešto nagnutim položajem brusnog vretena naprama površini okruglog stola ili pogonskim uredajem koji automatski povećava broj okretaja okruglog stola pri prilazu brusne ploče prema sredini stola i time održava konstantnom brzinu posmičnog kretanja. Kad nema ovih mjera, brusilica brusi konkavne plohe. Brusilice sa uzdužnim stolom i obodnim brušenjem služe za plosno brušenje ravnih ploha, raznih utora, profiliranih uzdužnih žlebova (profiliranim brusnim pločama) itd. Kod manjih brusilica tačnost je brušenih ploha između 2 i 3 μm , a kod većih između 5 i 8 μm .

Čeono brušenje na brusilicama za plosno brušenje daje razmjerno velik učin brušenja, pri čemu nije potrebna predobrada brušene plohe glodanjem ili blanjanjem. Plohe na manjim izracima bruse se punom čeonom prstenastom plohom lončastog brusa, a veće i velike plohe bruse se — radi hladjenja i odvoda brusne strugotine — čeonom brusnim segmentima uloženim u prihvatu ploču. Položaj brusnog vretena je podešiv radi postizanja traženog zabrusa: pri tačno okomitom položaju vretena naprama ravnini uzdužnog stola dobiva se križni zabrus (sl. 203 a) a pri nešto nagnutom položaju vretena (nekoliko mikrona u vertikalnoj

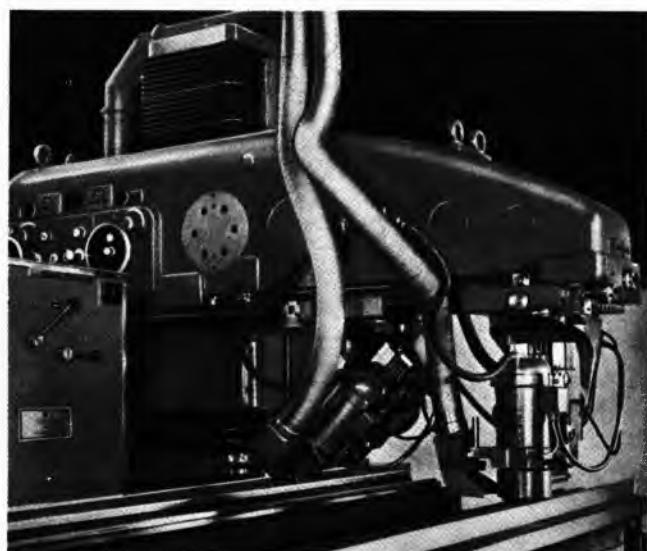
ravnini paralelnoj s vodilicama stola) polukružni konkavni zabrus (sl. 203 b). Brusilice s rotirajućim okruglim stolom služe za plosno brušenje razmjerno sitnih izradaka u velikim količinama. Čeona brusna ploča ne zahvaća cijeli polumjer okruglog stola, već samo jedan dio (oko 2/3), radi osiguranja potrebne brzine posmičnog kretanja. Brusilice s uzdužnim stolom služe za plosno brušenje duljih izradaka. Postignuta tačnost zavisi od veličine stroja, veličine i oblika izradaka i iznosi $\sim 10 \dots 20 \mu\text{m}$. Izraci se na brusilicama za plosno brušenje učvršćuju na stol brusilice mehanički posredstvom T-utora, bilo posebnim napravama bilo elektromagnetskim ili permanentnomagnetskim pločama.



Sl. 203. Brusna slika pri čeonom brušenju. a križni planski zabrus, b polukružni konkavni zabrus

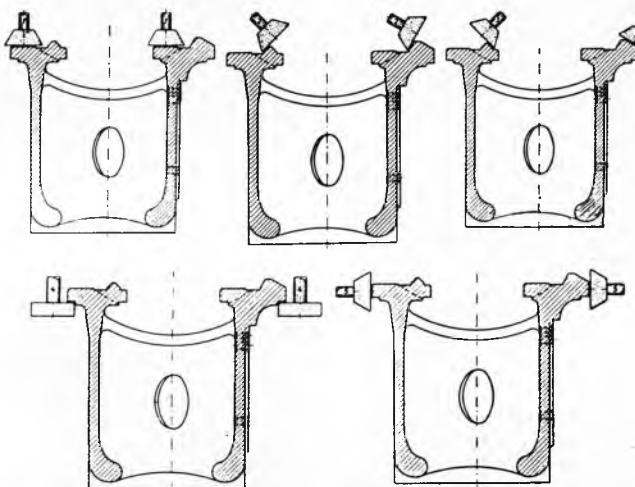
Brusilice za klizne vodilice upotrebljavaju se za plosno brušenje horizontalno, vertikalno i pod bilo kojim kutom nagnutim uzdužnim vodilica na posteljama, stalcima, konzolama, suportima, stolovima, klizačima itd. raznih strojeva. Na brusilicama za vodilice bruse se kaljene i nekaljene vodilice i postupak brušenja nadomještava postupak fine obrade vodilica tuširanjem, osobito u slučaju kaljenih vodilica. Brusilice za vodilice omogućuju postizanje potrebne tačnosti u pogledu planparalelnosti i medusobne paralelnosti vodilica bez obzira na tačnost postignutu predobradom, za razliku od postupka obrade vodilica ručnim tuširanjem. Upotrebljom posebnih šablonu pri oblikovanju i izoštravanju brusnih ploča dijamantom osigurava se pri brušenju vodilica potpuno nalijeganje vodilica i protuvodilica, pri čemu se mora postići da polukružni konkavni ili križni razbrusi (brusna slika) budu između sebe okomito položeni na vodilicama i pripadajućim protuvodilicama.

Vodilice se bruse obodnim i čeonim postupkom brušenja. Obodno brušenje vodilica (v. prilog) s pomoću velikih brusnih ploča, koje su upete u horizontalno položenim brusnim vretenima a dijamantom upetim u poseban uredaj izoštravaju se i oblikuju u tačno cilindrične, stožaste i dvostruko stožaste oblike (pod raznim kutovima u zavisnosti od nagiba uzdužne vodilice), daje veliki učin brušenja uz veliku tačnost brušene vodilice, ali omogućuje brušenje samo vanjskih vodilica. Čeono brušenje vodilica (sl. 204) s pomoću srednjih i manjih lončastih, stožastih (raznih vršnih kuteva) i tanjurastih brusnih tijela, upetih u brusna vretena koja se mogu nagnjati prema potrebi u zavisnosti od nagiba vodilice,



Sl. 204. Jednostupna konzolna brusilica za klizne vodilice, čeono brušenje vodilica

daje manji učin brušenja uz veliku tačnost brušene vodilice, a omogućuje brušenje najrazličitije položenih vodilica (sl. 205).



Sl. 205. Primjeri brušenja vodilica postelje tokarilice čeonim brušenjem

Brusilice za klizne vodilice izvode se kao jednostupne konzolne sa čvrstim ili uzdužno pomicnim stupom i kao dvostupne portalne. Na jednostupnim konzolnim brusilicama sa čvrstim stupom poprečna se konzola može visinski podešavati. Na vodilicama konzole smještene su dva ili više brusnih vretena za čeno brušenje, na koja se mogu upeti brusne ploče različitih oblika. Brusna vretena nagibno su podesiva tako da se os vretena može postaviti okomito prema plohi vodilice. Ispred stupa, odnosno pod konzolom, nalazi se uzdužni stol s hidrauličnim pogonom i bestepenom regulacijom brzine hoda, na koji se mogu učvrstiti izraci s različitim vodilicama. Jednostupne konzolne brusilice s uzdužno pomicnim stupom (sl. 204), na kojem se nalazi visinski podesiva konzola s pripadajućim nagibno podesivim brusnim vretenima za čeno brušenje, služe za brušenje vodilica na velikim izracima (posteljama raznih strojeva), koji su čvrsto položeni ispred pomicnog stupa vodenog u vodilicama postelje brusilice. Dvostupne portalne brusilice za klizne vodilice (v. prilog) imaju na visinski podesivim poprečnim brvnima brusno vretenište sa horizontalno ulježištenim brusnim vretenom na kojem je upeta velika brusna ploča za obodno brušenje vanjskih vodilica. Brusno vretenište je visinski podesivo. Na poprečnom brvnu nalaze se jedno ili dva manja brusna vreteništa, visinski i nagibno podesiva u ravnini okomitoj na hod uzdužnog stola, koja služe za čeno brušenje vodilica lončastim, stožastim i tanjurastim brusovima. Na stupovima portala nalazi se takoder po jedno brusno vretenište koje je visinski poprečno i nagibno podesivo a služi za brušenje postranih ploha i vodilica. Pogon stola je hidraulični sa bestepenom regulacijom brzine hoda između 1 i 30 m/min. Najmanji mogući pomak pri podešavanju položaja brusnih vreteništa je 0,001 mm.

Brusne odrezalice (sl. 206) služe za odrezivanje šipki raznih profila i cjevi od kaljenog i nekaljenog čelika izmjera do 50 mm. Za odrezivanje upotrebljavaju se tanke brusne ploče debljine 3 do 4 mm, vezane umjetnim smolama, ili debljine ispod 3 mm, vezane gumom. Promjer brusne ploče je 400...500 mm. Prednost

je brusnog odrezivanja naprava odrezivanju kružnom pilom što je ono neuporedivo brže. Obodna brzina brusne ploče vezane umjetnim smolama ili gumom iznosi 80 m/s, a brusnih ploča vezanih bakelitom sa uloškom ~ 100 m/s, i to u slučaju mehaničkog posmaka. Posmak brusnih odrezalica po pravilu je ručni, kako bi se njegova veličina mogla podešavati prema zahtjevima mogućeg režima odrezivanja. Brusne odrezalice sastoje se od stola na kojem se nalaze uredaj za upinjanje šipke i horizontalno položena dvostrukopolužna njihalka. Na prednjoj strani je ulježišteno brusno vreteno, a na protivnoj strani smješten je pogonski elektromotor. Preko poluge dovodi se brusna ploča do izratka i ručnim posmakom odrezuje se šipka.

Vlačne glaćalice (strojevi za honovanje) obrađuju najfinijom obradom cilindrične površi koje su prethodnom završnom obradom (bušenjem ili tokarenjem) dobili svoje konačne izmjere i svoj konačni oblik. Rezni alat je glaćalo slično razvrtiću, samo su namjesto reznih noževa u nj umetnuta prizmatična brusna tijela od umjetnog korunda (Al_2O_3) ili silicijeva karbida (SiC) u mekanom vezivu koje dozvoljava pravovremeno izbijanje brusnih zrnaca iz sastava brusnog tijela.

Brusna tijela su u glaćalu radikalno podesiva preko dvostrukog konusa, pa se mogu u uskim granicama mijenjati izmjere, poboljšati geometrijski oblik i profitirati obradenu površinu prvotra. Glaćala sa podatljivo uloženim brusnim tijelima postižu na izratku najfiniju površinu. Vlačna glaćalica (v. prilog) sastoji se od krutog stalka na kojem je učvršćeno vretenište. Vertikalno položeno glavno vreteno, na čijem se slobodnom donjem kraju nalazi preko dvostrukog zgoba obješeno vreteno sa glaćalom, izvodi pri radu oscilirajuće vertikalno kretanje odgovarajuće dužine, koje se može podešavati po veličini, po frekvenciji i po položaju. Osim toga vreteno se okreće brzinom okretanja koja je bestepeno podesiva. Pri glaćanju oplakuju se glaćalo i provrt znatnim količinama petroleja ili ulja. Glaćanjem se postižu tačnosti u redu IT₈. Obodna brzina glaćala je 60...75 m/min, a brzina hoda podesiva je od 0 do 15 m/min. Tačnost geometrijskog oblika i finoča glaćane površine na izratku zavisi od veličine zrna, tvrdoće i veziva brusnih tijela glaćala, od broja operacija glaćanja, vertikalne brzine vretena, brzine okretanja vretena i od sredstva za hlađenje (odnosno isplakivanje). Kut uspona koji opisuje pojedino prizmatično tijelo prilikom glaćanja cilindrične površine provrta treba da leži između 40° i 60°. Najkvalitetnija finoča glaćane površine na izratku postiže se pri specifičnim pritiscima od 1 do 2 kp/cm² brusnih tijela na plohu izratka. Dvostruki zglobni spoj glaćala sa vretenom glaćalice omogućava jednostavno uvođenje stegnutog glaćala u provrt izratka, a da provrt ne mora biti koaksijalan s vretenom glaćalice. Glaćalo je vodeno u svom vertikalnom i obrtnom kretanju samim provrtom koji ono glaćanjem obrađuje. Hidrauličnim putem može se u glaćalu za vrijeme rada glaćalice susziti i proširivati brusni promjer glaćala, a time i pritisak brusnih segmenta na zid provrta izratka. Pri obradi provrta glaćanjem najprije se s malim pritiskom brusnih segmenta skinut grube neravnosti predobradene površine, onda se pod znatno većim pritiskom obrađuje površina do blizu tražene izmjere provrta, a na kraju se ponovnim glaćanjem pod malim pritiskom dobiva tražena finoča površine.

Titrajuće glaćalice su uređaji s pomoću kojih se mogu na vanjskim cilindričnim ploham izratka postići najkvalitetnije finoče obrađene površine (superfinski). Razlika je između titrajućeg i vlačnog glaćanja u finijem zrnu brusnog tijela uz isplaku određenom mješavinom ulja i petroleja. Osim toga se glavnom reznom kretanju, tj. okrećanju izratka, i posmičnom uzdužnom kretanju profiliranog prizmatičnog brusnog tijela doda oscilirajuće brzo kretanje brusnog tijela u uzdužnom smjeru, tj. u smjeru uzdužnog posmaka. To oscilirajuće kretanje brusnog tijela elastično pritisnutog na cilindričnu površinu izratka znatno povisuje učin glaćanja. Titrajuće glaćanje profitiraju obrađenu površinu, ali nema utjecaja na geometrijski oblik.

Glačanje brusnom prašinom ili lepanje spada u najfiniju obradu izradaka postupkom skidanja strugotine. Zadaća lepanja je postizanje veće tačnosti u izmjerama i geometrijskom obliku izratka i velike finoče njegove površine. Lepanjem se mogu otkloniti greške u dosjedu, neravnine i obradna slika iz predobrade. Lepanje je postupak obrade pri kojem izraci nisu u odnosu na alat bilo kako prisilno vodeni, već klize mimo alata mijenjajući



Sl. 206. Brusna odrezalica s ručnim posmakom

stalno smjer kretanja, oplakivani vrlo finom brusnom prašinom potopljenom u ulje, petrolej, benzol, mast itd. Kao alat služe ravne rotirajuće tačno plosno obradene lijevane ploče, rastezljivi trnovi od lijevanog željeza ili udesive puškice. Mnogobrojna prekrivanja raznih pokreta pri lepanju, uslijed stalnog mijenjanja smjera kretanja izratka u odnosu na alat, dovode postepeno izradak u tačni geometrijski oblik. Sredstvo za lepanje (mješavina brusne prašine i ulja itd.) stvara tekuću opunu u kojoj se neka zrnca slobodno kreću a druga, zadržana od plohe alata, obrađuju izradak. Tokom lepanja zrna se sve više lome i usitnjavaju, te se samim procesom lepanja profinjuje sredstvo za lepanje a time i sama lepana površina. Prema vrsti izradaka glaćanje brusnom prašinom može biti plosno, planparalelno, vanjsko okruglo i unutarnje okruglo glaćanje. Za sve ove postupke glaćanja brusnom prašinom postoje specijalni strojevi, a postoje i strojevi univerzalnog tipa na kojima se mogu provesti svi postupci glaćanja.

Glačalice s jednom rotirajućom pločom od lijevanog željeza služe za plosno glaćanje. Sredstvo za lepanje rasprostre se preko cijele ploče a izradak se obično rukom pritišće na rotirajuću horizontalnu ili vertikalnu ploču za lepanje ($n = 10\cdots 50$ o/min). Usporedno s ravninom ploče — nešto odmaknuto od nje — položena je vodica u obliku letve čija je jedna postrana ploha okomita na ravninu rotirajuće ploče, a prolazi kroz os okretanja. Prilikom ručnog glaćanja izradak se — uz pritisak na ploču — vodi uzduž vodice od oboda ploče do središta i obratno, kako bi se postiglo jednomjerno trošenje rotirajuće ploče. Neravnine u ploči nastale neravnomjernim trošenjem uklanjaju se ponovnim pretokarivanjem ili s pomoću uredaja koji je prigraden na glaćalicu.

Glačalice sa dvije ploče (sl. 207) služe za najfiniju obradu izradaka s ravnim ploham, ili sa po dvije između sebe planparalelne plohe, i za najfiniju obradu vrlo preciznih cilindričnih izradaka, kao što su to lamele spojki, platine, mjerke, brvane plohe na kućištima, cilindrični valjci, klipni svornjaci itd. Izraci se umeću u posebno oblikovan plosni kavez koji se zajedno s izracima nalazi između dvije rotirajuće potpuno poravnate ploče od lijevanog željeza. Izraci kod kojih se uz veliku tačnost geometrijskog oblika i izmjera traži razmjerno veći učin obrade pri manjim zahtjevima



Sl. 207. Glačalica s dvije ploče

u pogledu finoće obradene površine obraduju se — umetnuti u kaveze — između specijalnih brusnih ploča od umjetnog korunda vezanog umjetnim smolama ili od silicijeva karbida. S obzirom na to da se izraci obraduju čvrsto vezanim zrncima a ne slobodnim, taj se postupak obrade zove *vlačno brušenje*. Pri obradi hладе se izraci uljem za rezanje ili odgovarajućom emulzijom. Donji prihvati ploče za glaćanje čvrsto je vertikalno uležišten u postolje, a gornja je ploča njihalno uležištena u konzolu koja se može zaokretati



Sl. 208. Kavez glaćalice s izracima umetnutim u rotirajuće ploče

oko vertikalnog stupa. Obje ploče imaju, nezavisno jedna od druge, svoje pogonske uredaje, koji dozvoljavaju stepenasto ili bestepeno biranje brzine okretanja pojedinih ploča ($n = 10\cdots 100$ o/min) u jednom ili drugom smjeru. Kavez (sl. 208) koji služi za prihvati izradaka nalazi se između objiju rotirajućih ploča i nošen je čeonom plohom ekscentra, tako da za vrijeme obrade ne dodiruje nijednu ploču. On se može slobodno okretati ($n = 10\cdots 80$ o/min) na svornjaku ekscentra, a sam ekscentar okreće se oko svoje pogonske osovine koja — gonjena posebnim pogonskim uredajem — prolazi kroz provrt pogonske osovine donje ploče. Smjer i brzina okretanja pogonskog ekscentra kaveza mogu se mijenjati.

Pri radu glaćalice mogu se okretati obje ploče, ili samo jedna od njih, ili nijedna (nego samo kavez); ploče (ako se okreću) mogu se okretati ili djelovanjem svojih pogonskih uredaja, ili se jedna ploča okreće slobodno, povučena od druge preko izradaka, ili se jedna okreće povučena okretanjem kaveza (dok druga miruje), ili se obje okreću slobodno, povučene okretanjem kaveza. Ako su prisilno pokretane obje ploče, one se mogu okretati ili u istom smjeru različitim brzinama ili u suprotnim smjerovima. Gornja ploča hidrauličnim putem se podiže i spušta i pomoću hidrauličke određuje se pritisak gornje ploče na izratke za vrijeme glaćanja. Obje su ploče izmjenjive; mijenjaju se u zavisnosti od oblika izradaka.

Izraci se ulažu u otvore kaveza. Profili otvora odgovaraju nešto povećanom profilu izratka, koji se u tom otvoru može ponešto micati, odnosno slobodno rotirati ako je izradak cilindrični svornjak. Osi profila otvora kaveza mimošodni su u odnosu na središte kaveza, uslijed čega se rotirajućem kretanjem cilindričnog svornjaka dodaje i vlačno kretanje u smjeru osi svornjaka.

Glačalice za glaćanje provrta brusnom prašinom potpuno su u svojoj izgradnji, kinematici, opremi i kretanjima alata, tj. trna za glaćanje provrta, istovjetne sa strojevima za vlačno glaćanje (v. prilog), samo se na glavno vreteno namjesto glaćala za vlačno glaćanje učvršćuje posredstvom jedne dvozglobne osovine radijalno udesiv trn za glaćanje provrta. Trnovi se izrađuju od čelika, a na njih su preko konusa navučene puškice različitih dimenzija, izradene od lijevanog željeza i providene uzdužnim dilatacijama. Glavno vreteno rotira i brzina njegova okretanja može se u odgovarajućoj mjeri bestepeno podešavati. Istovremeno ono se kreće oscilatorno gore-dolje i veličina se toga hoda također može mijenjati prema potrebi. I brzina vertikalnog kretanja glavnog vretena bestepeno je podesiva. Za vrijeme glaćanja provrta stalno se širi promjer dilatirane puškice trna za glaćanje, sve dok nije postignuta izmjera provrta.

Oštrilice su brusilice koje služe za oštrenje i održavanje reznog alata. One mogu biti ili univerzalne ili specijalne za određene alate, npr. specijalne oštrilice za spiralna svrđla i upuštače,

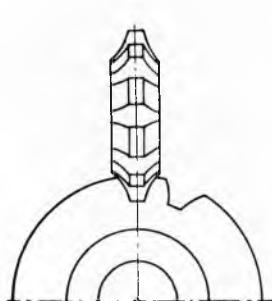
oštrilice za jednorezna prstenasta glodala, automatske oštrilice za kružne i lisne pile, oštrilice za nareznice, automatske oštrilice za velike rezne glave, automatske oštrilice za odvaljna glodala, oštrilice za duge noževe.

Na univerzalnim oštrilicama (v. prilog) mogu se s pomoću vrlo obimnog pribora ispravno oštiti rezne ivice na svim glodalima, reznim glavama, odvaljnim glodalima, razvrtačima, upuštačima, nareznim svrdlima, spiralnim svrdlima, tokarskim i blanjačkim noževima itd. Radi održavanja reznog alata može se s pomoću pribora na univerzalnim oštrilicama vršiti također vanjsko i unutarnje okruglo brušenje, kao i plosno brušenje. Univerzalna oštrilica sastoji se od stakla na kojem se nalazi brusno vreteno čije je kućište zaokretno oko vertikalne osi za 360° , a kod pojedinih izvedbi glavno vreteno je k tome još zaokretno oko horizontalne osi u vertikalnoj ravnini. Ovakvim podešavanjem može se brusnom vretenu dati svaki željeni položaj. Na vertikalnim vodilicama stakla visinski se premješta konzola; na njoj se nalazi poprečni i na njemu uzdužni stol, koji je vođen u kaljenim V-vodilicama preko sredstvom valjkastih letava. Na uzdužnom stolu nalazi se zaokretni stol, na koji se s pomoću vodilica oblika lastina repa učvršćuje odgovarajući potrebeni pribor za prihvrat reznog alata. Visinski i poprečni hodovi konzole i poprečnog suporta su ručni, a pogon uzdužnog stola ručni ili, kod većih univerzalnih oštrilica, hidraulični u kombinaciji s potpuno automatskim odvijanjem procesa oštrenja, uključujući i potrebno dijeljenje kao i potrebeni dubinski pomak. Pribor obuhvaća razne jahače s izmjenljivim šiljcima, visinski i nagibno podesiv jahač, diobene glave, škripce, uredaje za povratno radijalno i aksijalno brušenje, glave za prihvrat velikih reznih glava, uredaje za vanjsko i unutarnje okruglo i plosno brušenje, uredaj za oštrenje odvaljnih glodalja itd.

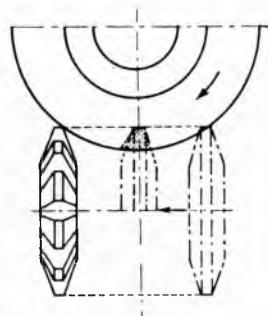
STROJEVI ZA OZUBLJAVANJE

Bočne plohe na ozubljenim izracima općenito se obrađuju profiliranim reznim alatom ili postupkom odvaljivanja.

U postupku obrade profiliranim reznim alatom (profiliranim nožem za bljanjanje, profiliranim pločastim i prstenastim glodalom, profiliranim brusnim pločama itd.) profil rezne ivice alata potpuno je sukladan s profilom međuzubnog prostora, koji je omeden dvjema bočnim linijama i nožnim lukom. Ozubljeno tijelo (zupčanik, lančanik, klinasta osovina) za vrijeme obrade se ne okreće oko svoje osi. Glavno rezno kretanje dato je reznom alatu, dok se potrebo posmično kretanje u smjeru osi izratka daje izratku ili reznom alatu (sl. 209). Tim postupkom mogu se obradivati cilindrični zupčanici s ravnim i kosim zubima, lančanici i klinaste osovine.



Sl. 209. Glodanje međuzubnog prostora profiliranim pločastim glodalom, izradak miruje; diobeni postupak



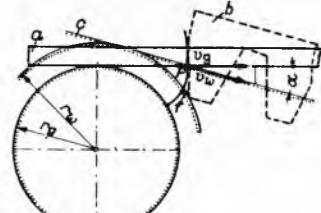
Sl. 210. Glodanje međuzubnog prostora pločastim glodalom trapezognog profila s ravnim reznim oštricama odvaljnim kretanjem glodala i izratka; odvaljni postupak

U postupku odvaljivanja bočne se plohe zuba obraduju međusobnim odvaljivanjem rezne ivice alata i samoga izratka u ravnini odvaljivanja, u kojoj je brzina pomaka rezne ivice alata (okomito na smjer reznog kretanja) jednaka obodnoj brzini odgovarajuće tačke na bočnoj liniji zuba (sl. 210). Profil rezne ivice alata nije sukladan s profilom međuzubnog prostora zubi na ozubljenom tijelu, a pri obradi se rezna ivica alata i bočne linije zubi kreću istim smjerom i istom brzinom u ravnini odvaljivanja. Rezni alati su pločasta, profilirana glodala, jednodijelne ili dvodijelne rezne glave, rezni zupčanici, rezne zubne letve, odvaljna glodala,

profilirane brusne ploče, tanjuraste brusne ploče, odvaljne brusne ploče i stružni zupčanici, zubne letve. Postupkom odvaljivanja obrađuju se ozubljena tijela (cilindrični zupčanici s ravnim i kosim zubima, stožni zupčanici s ravnim, kosim i zakrivljenim zubima, pužna kola, lančanici, klinaste osovine s ravnim i kosim zubima itd.) bljanjanjem, dubenjem, glodanjem, brušenjem i struganjem. Glavno rezno kretanje dato je reznom alatu a potrebno posmično kretanje reznom alatu ili izratku. Potrebne pomake u smjeru odvaljivanja izvršuju rezni alat i izradak.

Pri obradi pojedinih zubi na ozubljenim izracima može se ili rezno kretanje izmjenjivati s potrebnim kretanjem dijeljenja (postupak pojedinačnog dijeljenja) ili neprekidno skidati strugotina reznim alatom sve do završetka obrade svih zuba ozubljenog tijela (postupak stalnog diobenog kretanja). U postupku pojedinačnog dijeljenja može se nakon potpune obrade jednog meduprostora zuba izvršiti radnja dijeljenja radi potpune obrade slijedećeg meduprostora, ili se dijeljenje može izvršiti nakon svakog prolaza reznog alata u pojedinom meduprostoru, tako da se time istovremeno završuje potpuna obrada u svim meduprostorima. U prvom slučaju mehanizam dijeljenja znatno je manje opterećen ali će doći do odstupanja u profilu zuba zbog trošenja reznog alata. U drugom slučaju mehanizam dijeljenja znatno je više opterećen ali su profili zuba jednak zbog istovremenog završenja svih zubi. U postupku stalnog diobenog kretanja stalno se kreću rezni alat i ozubljeno tijelo u smjeru odvaljivanja stalnim diobenim kretanjem; reznom alatu dato je glavno rezno kretanje, a potrebno posmično kretanje reznom alatu ili izratku. Principijelno se ova postupka stvaranja bokova zubi mogu kombinirati s ova postupka redoslijeda obrade pojedinih zubi. Praktično se postupak obrade bokova zubi profiliranim reznim alatom veže samo uz postupak pojedinačnog dijeljenja, a postupak odvaljivanja pri obradi bokova zubi veže se uz postupak pojedinačnog dijeljenja i uz postupak stalnog diobenog kretanja.

Odvaljivanje bočne linije zuba. Bočna linija zuba nastaje pri odvaljivanju time što se ravna rezna ivica alata f (uz ravnu ivicu nastaje evolventa) kreće u smjeru tangente c u određenom odnosu prema okretanju izratka (sl. 211). Ovo kretanje leži u smjeru zamišljene zubne letve b , čija diobena linija c tangira odvaljni krug r_w i nagnuta je za zahvatni kut α naprama tangenti a na temeljni krug r_g . Pri odvalnjom kretanju alata (zubne letve, brzina v_w) i izratka (kutna brzina ω) brzina tačke P na tangentu a odgovara na diobenoj liniji c brzini odvaljivanja $v_w = v_g / \cos \alpha$.



Sl. 211. Nastajanje evolvente kretanjem jedne tačke P lineala a po liniji f zubne letve b ; postupak odvaljivanja

Pri odvaljivanju tačka P mijenja svoj položaj na reznoj ivici f . Iz $v_w = r_w \omega$ i $v_g = r_g \omega$ slijedi da je $r_w = r_g / \cos \alpha$, odnosno $d_w = d_g / \cos \alpha$, izraženo u promjerima. Pri izradi zupčanika odvaljivanjem moraju promjeri upotrijebljениh odvaljnih valjaka ili koluta odgovarati promjerima odvaljnih krugova d_w . Odvaljni krug je onaj krug na zupčaniku čija je odvaljna brzina jednaka — u najviše slučajeva — pravocrtnoj odvaljnoj brzini same rezne ivice alata (v_w). Na odvaljnog krugu izratka prenosi se potpuno nepromijenjen zahvatni kut α alata, dok je taj zahvatni kut na svim ostalim krugovima različit i zavisi od polumjera tih krugova.

Strojevi za obradu zupčanika mogu se najopćenitije podijeliti na strojeve za obradu cilindričnih zupčanika (s ravnim i kosim zubima) i strojeve za obradu stožnih zupčanika (s ravnim, kosim i zakrivljenim zubima). Dalje se mogu dijeliti prema načinu skidanja strugotine (glodanjem, dubenjem, bljanjanjem, brušenjem, struganjem), prema postupku obrade (profiliranim alatom ili odvaljivanjem), prema diobenom kretanju (pojedinačnim dijeljenjem ili stalnim diobenim kretanjem) i specijalnim karakteristikama (broju noževa i sl.). Cilindrični zupčanici obrađuju se profiliranim alatom glodanjem na univerzalnoj konzolnoj glodalici, a brušenjem na brusilici za zupčanike, postupkom odvaljivanja glodanjem na odvaljnoj glodalici za cilindrične zupčanike, dubenjem na odvaljnoj dubilici za zupčanike, bljanjanjem na odvaljnoj bljanalicu za cilin-

drične zupčanike, brušenjem na odvaljnoj brusilici uz pojedinačno dijeljenje i odvaljnoj brusilici uz stalno diobeno kretanje, struganjem na strugalicu za zupčanike. Stožni zupčanici izrađuju se glodanjem i blanjanjem, i to stožni zupčanici s ravnim i kosim zubima na kopirnoj blanjalici za stožne zupčanike, na odvaljnim blanjalicama za stožne zupčanike s jednim nožem ili s dva noža i na odvaljnim glodalicama za stožne zupčanike, a stožni zupčanici sa zakrivljenim zubima postupkom odvaljivanja na odvaljnim glodalicama za stožne zupčanike sa kružno, evolventno i cikloidno zakrivljenim zubima.

Univerzalna konzolna glodalica. Na univerzalnim konzolnim glodalicama mogu se izradivati zupčanici upotrebom pločastih ili prstenastih profiliranih glodalica postupkom pojedinačnog dijeljenja. Profilirana glodalica stepenovana su po modulu ozubljenja (odnosno po dijometral ili circular pitchu), klasificirani po broju zuba na ozubljenom izratku. Osim toga postoji raspodjela profiliranih glodalica po zahvatnom kutu α . Na univerzalnim glodalicama mogu se obraditi cilindrični zupčanici sa ravnim i kosim zubima i razna druga ozubljena tijela upotrebom posebno profiliranih glodalica. Dijeljenje od zuba do zuba vrši se univerzalnom diobenom glavom. (Na konzolnim glodalicama mogu se izraditi i približno tačni stožasti zupčanici s ravnim zubima.)

Odvaljna glodalica za zupčanike ozubljuje cilindrične zupčanike s ravnim i kosim zubima, pužna kola i ostale ozubljene izratke služeći se postupkom odvaljivanja. Rezni alat je navojno odvaljno glodalilo (sl. 212) na kojemu su rezne ivice pravocrtnе i nagnute prema osi glodalice za zahvatni kut α . Odvaljno glodalilo nastaje iz kratkog navojnog vretena u kojemu je okomito na navoje izgledano više žljebova. Navojno odvaljno glodalilo svojim okretanjem pretvara se u beskonačnu zubnu letvu koja se kontinuirano pravocrtno odvaljuje u odnosu na zupčanik-izradak. Pri glodanju cilindričnih zupčanika s ravnim zubima os glodalice nagнутa je za kut uspona zavojnice α naprma horizontali, a pri

glodanju zupčanika s kosim zubima os glodalice se naginje i za kut uspona zupčanika, dakle za kut $\beta \pm \gamma$, u zavisnosti od smjera uspona na glodalici i zupčaniku. Okretanje zupčanika i okretanje navojnog odvaljnog glodalice međusobno su kinematički čvrsto povezani u odnosu koji rezultira iz broja zuba na zupčaniku i broja početaka navoja na navojnom odvalnjom glodalici. Promjenom sastava izmjenljivih prenosnih zupčanika u prenosniku za dijeljenje ostvaruje se određeni prenosni odnos između okretanja zupčanika-izratka i odvaljnog glodalice. Pri obradi cilindričnih zupčanika s kosim zubima, u kinematički prijenos između zupčanika i odvaljnog glodalice ukopčava se i prenosnik za izjednačenje s izmjenljivim zupčanicima, s pomoću kojeg se preko diobenog prenosnika okretanju zupčanika dodaje potrebno pozitivno ili negativno dodatno okretanje radi izjednačenja u međusobnim okretanjima zupčanika i odvaljnog glodalice. Odvaljna glodalica stepenovana su samo po veličini modula (odnosno dijometral ili circular pitcha) i po zahvatnim kutevima α . Jednim odvalnjim glodalom omogućeno je ozubljenje zupčanika određenog modula za sve brojeve zuba. Na odvaljnim glodalicama ozubljuju se pužna kola posebno izrađenim pužnim glodalima, koji svojim glavnim izmjeđe rama odgovaraju izmjerama puža koji se spreže s pužnim kolom.

Odvaljne glodalice omogućuju pri obradi cilindričnih zupčanika:

- a) glodanje zubi u aksijalnom smjeru samoga zupčanika, pri čemu su zarezi paralelni s osi izratka;
- b) glodanje zubi u tangencijalnom smjeru, pri čemu se kretanju odvaljnog glodalice u aksijalnom smjeru zupčanika dodaje kretanje u aksijalnom smjeru samoga glodalice. Smjer reza na bočnim ploham zuba je ukošen i pri međusobnoj sprezi tangencijalno određenih bokova zubi rezne linije se ukrštavaju;
- c) istosmjerno i protusmjerno glodanje;
- d) dubinsko glodanje pri ulazu u izradak radi skraćenja vremena obrade, nastavljajući istosmjerno ili protusmjerno glodanje i e) glodanje bačvastih oblika zubi.

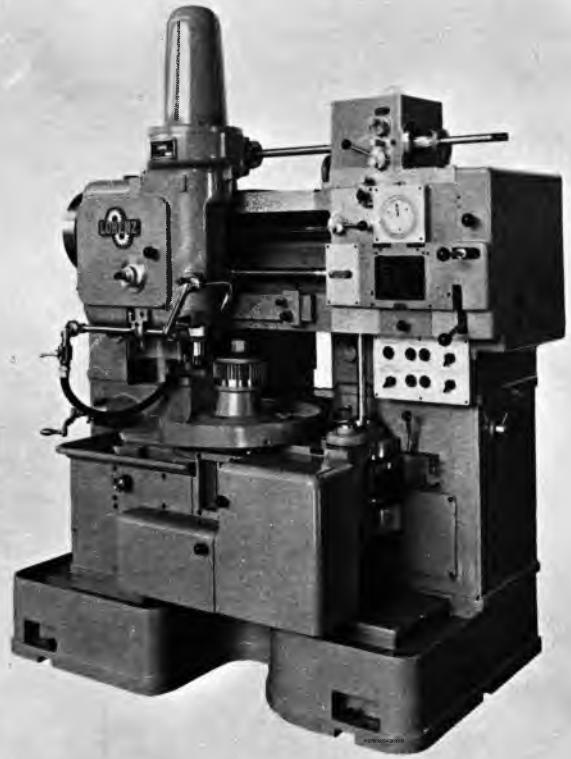


Sl. 212. Navojno odvaljno glodalilo

Pužna kola mogu se na odvaljnim glodalicama obraditi radijalnim, aksijalnim ili radikalno-aksijalnim postupkom. Pri radijalnom postupku pužno glodalilo za vrijeme odvaljivanja posmičnim kretanjem radijalno ulazi u pužno kolo do određene dubine; pri aksijalnom (tangencijalnom) postupku pužno glodalilo — na jednom čelu skošeno — u već određenoj dubini ulazi tangencijalno posmičnim kretanjem u pužno kolo (uz uključen prenosnik za izjednačenje), a pri radikalno-aksijalnom postupku se istovremeno primjenjuje i aksijalno i radikalno posmično kretanje, pri čemu se mora uključiti prenosnik za izjednačenje.

Odvaljne glodalice mogu obraditi također puževe i kratka navojna vretena. Izradak je upet u vretenu za odvaljna glodalala, a posebni rezni alat se upinje na okretni stol. Na odvaljnim glodalicama mogu se normalnim odvaljnim glodalima izradivati zupčanici i pužna kola s profilima pomaknutim u pozitivnom i u negativnom smislu.

Odvaljne dubilice za cilindrične zupčanike (sl. 213) ozubljuju cilindrične zupčanike s ravnim ili kosim zubima i ostale cilindrične ozubljene izratke postupkom odvaljivanja s pomoću odvaljnih reznih kola odgovarajućeg nazubljenja. Pri dubenju ozubljenog izratka odvaljivanjem reznog kola mora se okreće izrata staviti u čvrsti odnos prema okrećanju reznog kola, i to u odnos koji je određen brojem zubi izratka. Čvrsti određeni prenosni odnos udešava se promjenom sastava izmjenljivih zupčanika diobenog prenosnika. Pri ozubljuvanju okreću se i izradak i rezno kolo, pri čemu je reznom kolu dodato i glavno rezno kretanje paralelno s osi izratka. Glavno rezno kretanje reznog kola u vertikalnom smjeru izaziva koljenasti prigon čija su visina hoda i područje hoda podesivi (sl. 214). Koljenasti prigon pokreće dvokraku polugu, koja svojim nazubljenim segmentom zahvaća u cilindričnu zubnu letvu pinole vretena u koje je upeto rezno kolo. Vreteno je težinski izjednačeno s pomoću navojnog pera. Zupčanici-izraci upinju se u vreteno koje je uležišteno u konično-cilindrični dugi ležaj (sl. 215) i na kojemu se nalazi pužno kolo zahvaćeno pripadajućim pogonskim podesivim pužem.



Sl. 213. Odvaljna dubilica za ozubljivanje cilindričnih zupčanika s ravnim i kosim zubima

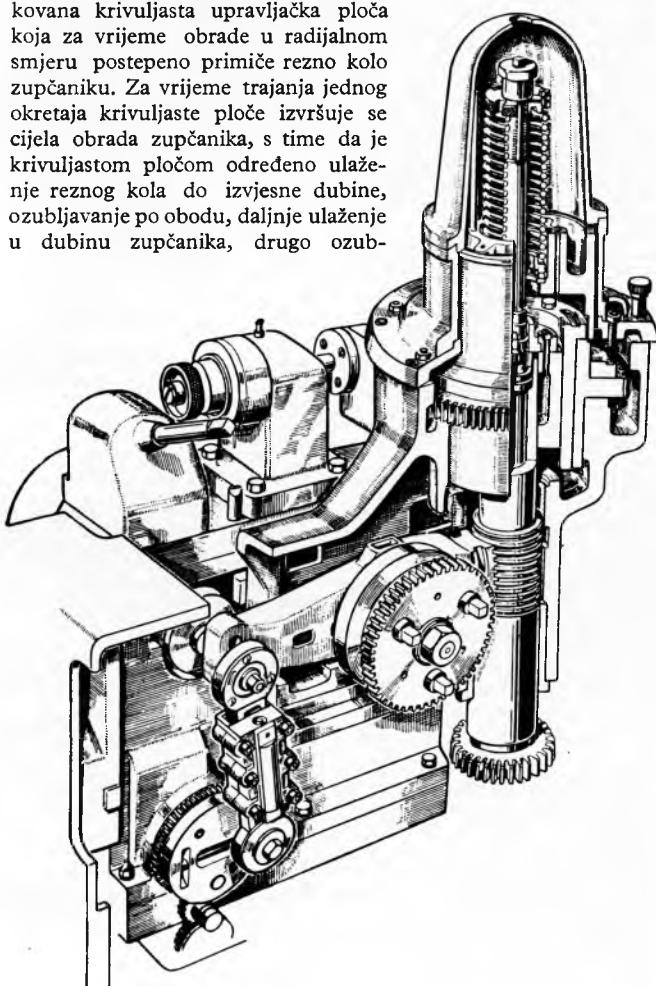
Pri obradi zupčanika posmično kretanje izvodi rezni alat, tj. rezno vretenište, koje klizi na horizontalnim vodilicama dubilice. Posmično kretanje izaziva posebno oblikovana krivuljasta upravljačka ploča koja za vrijeme obrade u radijalnom smjeru postepeno primiče rezno kolo zupčaniku. Za vrijeme trajanja jednog okretaja krivuljaste ploče izvršuje se cijela obrada zupčanika, s time da je krivuljastom pločom određeno ulazeњe reznog kola do izvjesne dubine, ozubljavanje po obodu, daljnje ulazeњe u dubinu zupčanika, drugo ozubljanje po obodu i konačno ulazeњe do konačne dubine sa završnom obradom svih zubi na obodu. Slijedi izlazak reznog alata nakon konačne obrade.

Pri odvaljnom dubenju upotrebljeno rezno kolo je zupčanik čije su bočne, obodne i nožne plohe zuba zabrušene pod kutom $\gamma \approx 5^\circ$.

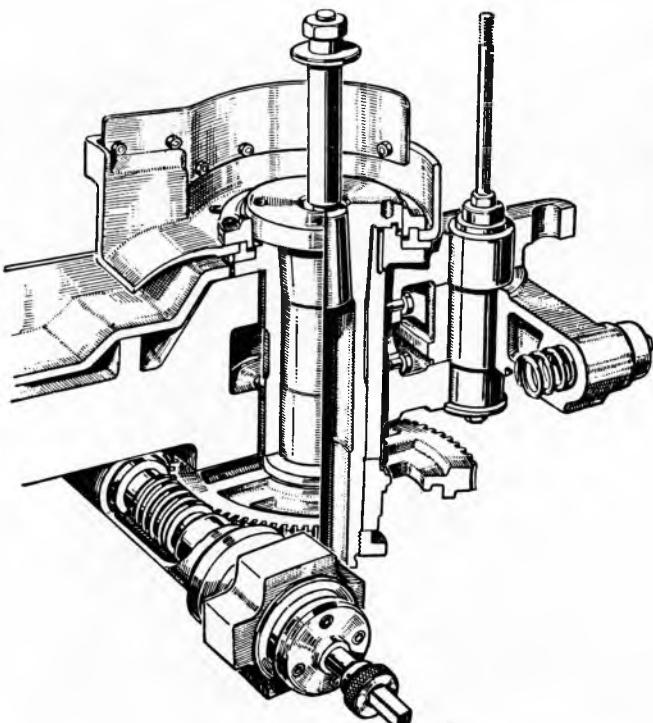
Prednost je odvaljnog dubenja da se ovim postupkom mogu izraditi cilindrični zupčanici s ravnim i kosim vanjskim i unutarnjim ozubljenjem. Moguća je i obrada zubnih letvi upotrebom posebnog dodatnog pribora. (Postoje specijalni strojevi za dubenje ozubljenja zubnih letvi s pomoću reznih kola.) Odvaljnim dubenjem mogu se obraditi višestepeni zupčani blokovi (sl. 216) kod kojih je prostor za izlaz alata malen pa je glodanje nemoguće. Cilindrični zupčanici s kosim zubima obraduju se reznim kolima čiji su rezni zubi ukrašeni za isti kut uspona kao i zubi zupčanika.

Potrebitno zaokretno kretanje reznog kola i vretena ostvaruje se posebnom pušicom čija je vodica zavojno nagnuta za odgovarajući kut uspona u zavisnosti od kuta uspona na zupčaniku.

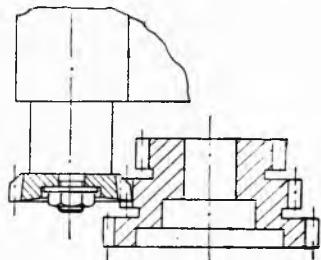
Odvaljna blanjalica za cilindrične zupčanike (sl. 217) ozubljuje zupčanike odvaljivanjem rezne zubne letve na odvalnjom krugu zupčanika. Rezna zubna letva upeta u vertikalni klizač izvodi glavno rezno kretanje prema dolje i povratni prazni hod,



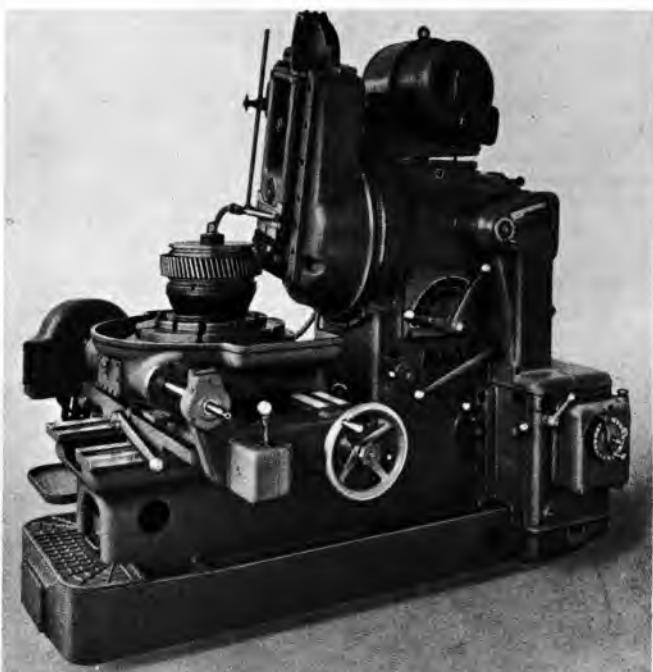
Sl. 214. Pogon pinole i vretena s reznim kolom odvaljne dubilice



Sl. 215. Pogon okretnog stola za prihvatanje zupčanika na odvaljnoj dubilici



Sl. 216. Rezno kolo u zahvatu sa zupčanicom

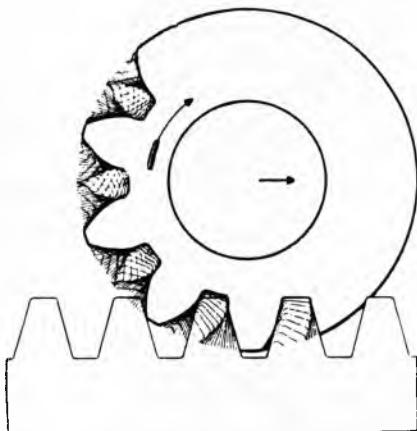


Sl. 217. Odvaljna blanjalica za cilindrične zupčanike

pri kojemu je uvučena. Zupčanik upet u zahvatnu napravu okretnog stola odvaljuje se korak — za vrijeme rezanja zupčanik miruje — na reznoj zubnoj letvi, s time da se postepeno zaokreće oko svoje osi i istovremeno vrši zajedno sa stolom poprečni pomak (sl. 218). Rezna zubna letva ima ograničen broj zubi. Nakon urezivanja nekoliko zubi, rad se odvaljivanja zauzstavlja, stol se vraća u svoj početni položaj, pri čemu se zupčanik ne okreće a klizač miruje u gornjem položaju. Time je izvršeno dijeljenje preko određenog broja zubi i odvaljivanje i bljanje se automatski nastavlja.

Rezna zubna letva je kratka zubna motka na kojoj su bočne, prednje i nožne plohe zubi koso zabrušene pod određenim slobod-

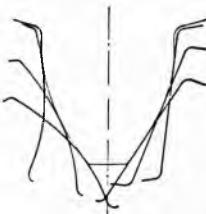
nim kutom γ . Pri oštrenju se rezne plohe zuba bruse ravno, samo kod većih modula ubrušuju se žljebovi.



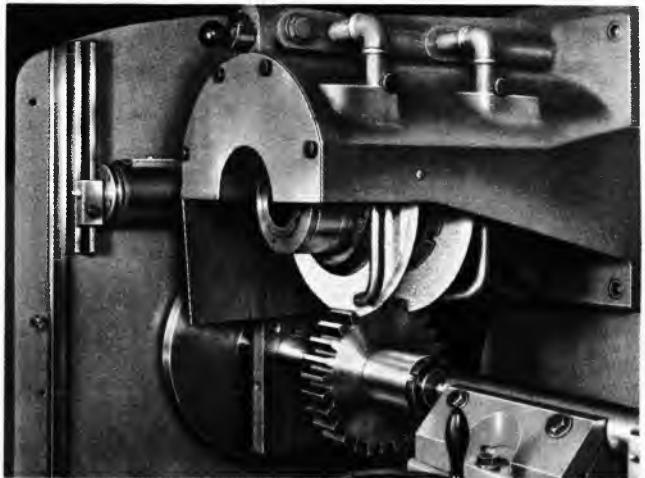
Sl. 218. Odvaljivanje zupčanika na reznoj zubnoj letvi

Reznom letvom određenog modula mogu se ozubiti cilindrični zupčanici s ravnim i kosim zubima, bez obzira na broj zubi. Ujedno se mogu izraditi zupčanici s pomaknutim profilom. Pri obradi cilindričnih zupčanika s kosim zubima naginje se klizač s reznom zubnom letvom za kut uspona β . U poređenju s obradom zupčanika postupkom odvaljnog glodanja i dubenja, obrada odvaljnim blanjanjem daje tačnije zupčanike zbog toga što se rezni alat može tačnije izraditi i što je broj ravnih (tangencijalnih) omotnih odreza veći (sl. 219). Posebnim uređajem za dubenje zupčanika, koji se prigrađuje na klizač, mogu se obradivati zupčanici s unutarnjim ozubljenjem i Zubne letve (sl. 220).

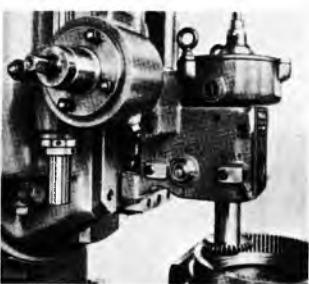
Brusilica za brušenje zupčanika profiliranom brusnom pločom, koja brusi evolventne bokove zubi zupčanika uz pojedinačno dijeljenje (sl. 221), načelno je građena kao brusilica za plosno brušenje postupkom obodnog brušenja. Na vodilicama postolja klizi hidrauličnim pogonom gonjeni stol, na kojemu je čvrsto montiran automatski diobeni aparat za pojedinačno dijeljenje s pomoću vrlo preciznih diobenih ploča. Na stolu nalazi se uz-



Sl. 219. Pojedinačni odrezni pri blanjanju reznom letvom i pri dubenju reznim kolom



Sl. 222. Profilirane brusne ploče u zahvatu sa zubima cilindričnog zupčanika



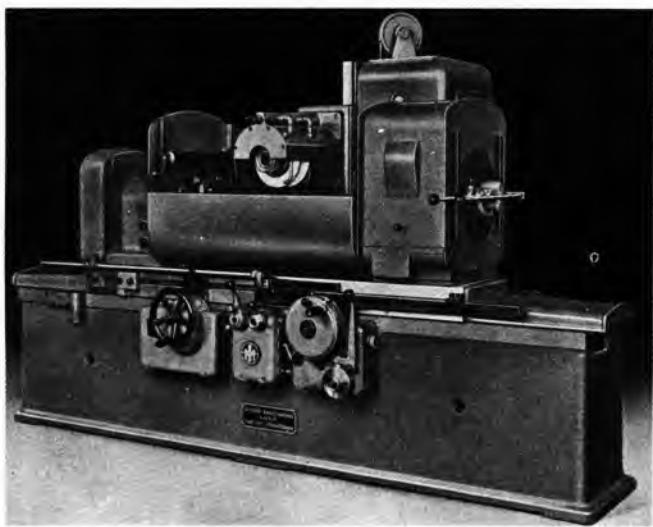
Sl. 220. Uredaj za dubenje zupčanika s unutarnjim ozubljenjem na odvalnoj blanjalici

dužno premjestiv jahač i uređaj za oblikovanje evolventnog profila na jednoj strani brusnih ploča. Brusne ploče upete su na horizontalno položenom glavnom vretenu čije je vretenište visinski podešivo. Protubokovi zuba bruse se (sl. 222) u onoj razdaljini koja odgovara razdaljini zuba pri mjerenu debljine zuba Wildhaberovim postupkom mjerjenja debljine zuba. U istoj se razdaljini profiliraju obje brusne ploče u zavisnosti od broja zubi i modula. Profiliranje brusnih ploča izvodi se s pomoću dva zašiljena dijamanta koji se prilikom profiliranja kreću po evolventi određenoj odvaljnim lukom odgovarajućeg promjera. Dijamanti se udešavaju s pomoću optičkog aparata (povećanje 30×) kojim se vrši dijamanta dovode u određeno središte i određenu udaljenost u odnosu na graničnik uređaja za profiliranje brusnih ploča.

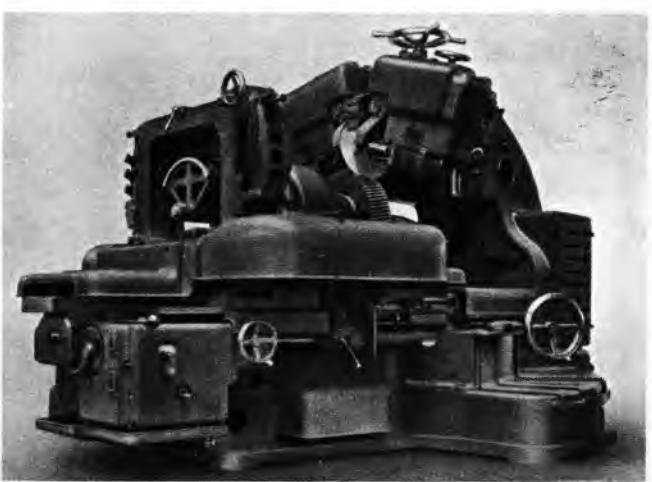
Ovim postupkom bruse se samo cilindrični zupčanici s ravnim zubima. Postižu se ove tačnosti: greška diobe 0,003...0,005 mm, greška oblike evolvente 0,003...0,006 mm, ekscentričnost diobenog kruga 0,01...0,02 mm. Brusilica brusi sve bokove zubi automatski.

Slijed obrade je ovaj: najprije se višestruko grubo prebruse svi bokovi zubi, pri čemu se prije svakog prebrušavanja automatski podeši nova dubina odbrusa; slijedi automatsko profiliranje objiju brusnih ploča, pa dvostruko ili trostruko fino brušenje svih bokova zubi uz podešavanje fine dubine odbrusa, zatim automatsko profiliranje brusnih ploča ikonačno podešavanje vrlo finog odbrusa jednim najfinijim prebrušavanjem svih bokova zubi.

Odvaljne brusilice za zupčanike uz pojedinačno dijeljenje (sl. 223) bruse bokove pojedinih zubi dvjema tanjurastim brusnim pločama. Ispod brusnih ploča (sl. 224) odvaljuje se zupčanik, koji je upet u trnu, uslijed poprečnog kretanja odvaljnog suporta u horizontalnoj ravnini okomito na os zupčanika. Trn



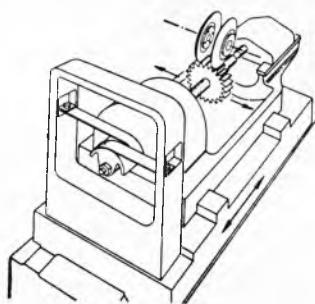
Sl. 221. Brusilica za brušenje evolventnih bokova zubi zupčanika profiliranim brusnim pločama uz pojedinačno dijeljenje



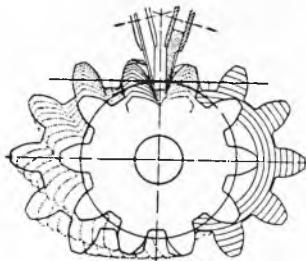
Sl. 223. Odvaljna brusilica za brušenje evolventnih bokova zubi zupčanika uz pojedinačno dijeljenje; brusne ploče nagnute za zahvatni kut $\alpha = 15^\circ$

zupčanika preko spojne stege (tokarskog srca) čvrsto je posredstvom uredaja za dijeljenje povezan s odvaljnim lukom određenog polu-mjera. Na odvalnjom luku pričvršćene su dvije čelične trake (debljine 0,2 ili 0,3 mm) čiji su drugi krajevi učvršćeni na čvrsto postavljen okvir. Poprečnim oscilatornim kretanjem odvaljnog suporta zupčanik s trnom i jahačem, uredajem za dijeljenje i s odvalnjim lukom — uz poprečno kretanje — oscilatorno se zatvara za izvjesni kut i time se zupčanik odvaljuje ispod brusnih ploča (sl. 225 i 226). Odvaljni suport položen je na uzdužni suport na kojem je učvršćen okvir za prihvati čeličnih odvaljnih traka. Istdobro s kretanjem odvaljnog suporta kreće se i uzdužni suport. Uzdužnim kretanjem bruse se bokovi zubi po cijelo dužini zubi i time se brusi cijela evolventna ploha boka pojedinog zuba, jer se za vrijeme jednog uzdužnog hoda zupčanik višekratno odvaljuje na brusnim ravninama brusnih ploča.

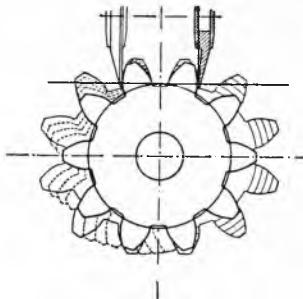
Tom se brusilicom može brusiti odvaljivanjem bilo po diobenom krugu ($d_t = m : z$) bilo po temeljnem krugu ($d_g = m : z$)



Sl. 224. Odvaljno kretanje zupčanika ispod brusnih ploča



Sl. 225. Postupak brušenja odvaljivanjem zupčanika po diobenom krugu uz brusne ploče nagnute pod zahvatnim kutom $\alpha = 15^\circ$



Sl. 226. Postupak brušenja odvaljivanjem zupčanika po temelnjom krugu uz paralelno položene brusne ploče

$\cos \alpha$). U prvom slučaju su obje brusne ploče nagnute za čvrsti zahvatni kut $\alpha = 15^\circ$ (sl. 225). Pripadajući promjer odvaljnog luka izračunava se iz jednadžbe $d = m z - s$ za ozubljenje sa zahvatnim kutom $\alpha = 15^\circ$, a za ozubljenja s drugim zahvatnim kutom ($\alpha_1 = 20^\circ$) iz jednadžbe $d = k m z - s$, gdje je m modul ozubljenja, z broj zubi, k konstanta za preračunavanje ($\cos \alpha_1 / \cos 15^\circ$) i s debljina trake. Brusne ravnine tanjurastih brusnih ploča predstavljaju Zub Zubne letve (rezne Zubne letve odvaljne blanjalice za zupčanike). Bokove zubi brusi izvještaj luk brusnih ploča i na njima nastaje križna brusna slika. Za vrijeme brušenja stvarni potrebni uzdužni hod mora obuhvatiti obje najviše tačke brusnog luka na brusnim pločama. Taj se postupak upotrebljava za brušenje pojedinačnih zupčanika i u maloserijskoj proizvodnji. Podešavanje brusilice je jednostavno. U slučaju brušenja odvaljivanjem po temelnjem krugu brusne su ravnine obiju brusnih ploča među sobom paralelne (sl. 226). Razdaljina brusnih ploča se — kod nepomaknutih profila zubi — određuje po Wildhaberovoj formuli:

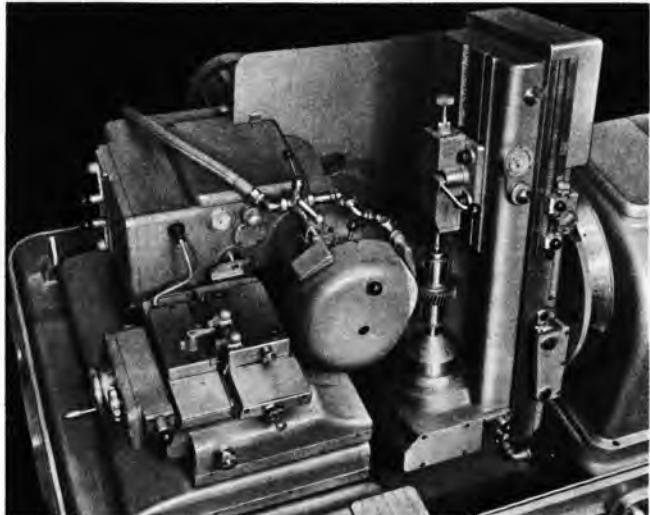
$$w = m \cos \alpha / (z' - 0,5) + z \operatorname{ev} \alpha,$$

a broj zubi preko kojih se mjeri izračunava se iz $z' = z' \alpha / 180 + 0,5$ za cilindrične zupčanike s ravnim zubima. U izrazima znači w razdaljinu među brusnim pločama, m modul, α zahvatni kut, z broj zubi zupčanika a z' broj zubi preko kojih se mjeri broj zupčanika. Promjer odvaljnog luka izračunava se iz jednadžbe $d = m z \cos \alpha - s$, gdje je s debljina čelične odvaljne trake. Izrazi se odnose na cilindrične zupčanike s ravnim zubima. Brusne ravnine brusnih ploča odgovaraju tangentama na protusmjerne evolvente tj. izvodnicama evolvente. Za vrijeme brušenja stvarni uzdužni hod obuhvaća samo duljinu zuba, jer u stvarnosti brusi samo najniža tačka oboda brusne ploče. Uzdužni hod je naprma

hodu pri odvaljivanju po diobenom krugu znatno kraći. Taj se postupak upotrebljava u serijskoj proizvodnji zupčanika.

Na odvaljnim brusilicama mogu se brusiti cilindrični zupčanici s ravnim i s kosim zubima. Pri brušenju cilindričnih zupčanika s kosim zubima zaokreću se brusne ravnine brusnih ploča za određeni kut uspona β , a okviru držača čeličnih traka pri uzdužnom hodu daje se poprečni hod preko vodilice koja se učvršćuje pod izvjesnim kutom u zavisnosti od kuta uspona β . Poprečnim kretanjem okvira za vrijeme hoda uzdužnog suporta ostvaruje se potrebno zaokretanje samoga zupčanika u smjeru uspona pod kutom β . Posebni uredaji omogućuju brušenje korigirane evolvente i korigirane izvodnice bočne plohe zuba. Brusne ploče izostavljaju se dijamantima. Izoštravanjem, a i normalnim trošenjem, pomici se brusna ravnina u odnosu na stvarni položaj evolventne izvodnice. Posebni automatski uredaj kontrolira svake druge sekunde položaj brusnih ravnila i ukoliko se brusna ravnina ne nalazi u određenom položaju, uredaj izvrši korekturu i dovede brusnu ravninu ploče u traženi položaj. Postupak brušenja se sastoji od naizmjeničnog brušenja pojedine bočne plohe zubi i dijeljenja. Nakon što su svi zubi u bokovima brušeni, stroj se automatski zaustavlja. Odvaljnim brušenjem postižu se tačnosti diobe od 0,001 do 0,003 mm, tačnosti oblika evolvente od 0,001 do 0,003 mm i tačnosti udara od 0,003 do 0,008 mm.

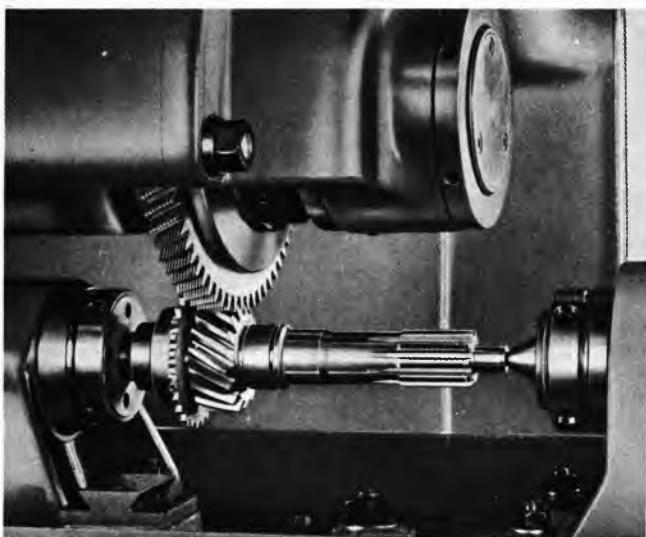
Odvaljna brusilica za brušenje zupčanika uz stalno diobeno kretanje (sl. 227) u kinematičkom pogledu potpuno odgovara odvaljnoj glodalici za zupčanike, s tom razlikom da se za obradu zupčanika ne služi odvaljnim navojnim glodalom (v. sl. 212), već navojnom odvaljnom brusnom pločom (sl. 228). Za vrijeme brušenja okreće se brusne ploče i zupčanik. Okretaji zupčanika n_z zavise od broja zubi z zupčanika i od broja okretaja brusne ploče n_b , te zbog jednovojne brusne ploče iznosi $n_z = n_b / z$. Potreben prenosni odnos $i = 1/z$ ostvaruje se izmenljivim diobenim zupčanicima prigona za dijeljenje. Pri brušenju cilindričnih zupčanika s kosim zubima uključuje se i prigon za izjednačenje, koji diobenom stalnom kretaju zupčanika dodaje potrebno dodatno kretanje u zavisnosti od kuta uspona β . Glavno rezno kretanje izvršuje jednovojna pužna brusna ploča, koja svojim okretanjem u zahvatu sa zupčnikom ostvaruje kontinuiranu Zubnu letvu na kojoj se odvaljuje zupčanik. Veliki broj reznih ivica na bočnim plohama zavojnice brusne ploče osigurava izbršavanje egzaktne evolventne plohe na zubima zupčanika. Zupčanik-izradak zahvaćen je trnom koji se upinje između šiljka pogonskog vreteništa i šiljka jahača. Cijelo pogonsko vretenište zajedno sa zupčnikom zaokretno je podešivo i ono se učvršćuje pod kutom uspona zavojnice brusne ploče kad se bruse cilindrični zupčanici s ravnim zubima, a pod kutom $\gamma \pm \beta$ kad se bruse zupčanici s kosim zubima. Ujedno se pogonsko diobeno vretenište može pomicati uzdužno i time se ostvaruje potrebni uzdužni posmak.



Sl. 227. Odvaljna brusilica za brušenje bokova zubi zupčanika uz stalno diobeno kretanje



Sl. 228. Profiliranje navojne odvalne brusne ploče s pomoću dijamanata



Sl. 231. Stružno zupčano kolo u zahvatu sa zupčanikom

Jednovojna zavojnica na brusnim pločama — u zavisnosti od modula i zahvatnog kuta — profilira se utiskivanjem profiliranog valjka ili s pomoću dijamanata (sl. 228). Pri profiliranju brusne ploče uredaj za izoštravanje vodi profilirani valjak ili držače dijamanta uzduž brusne ploče po usponu zavojnice. Odvalne brusilice za brušenje zupčanika uz stalno diobeno kretanje odlikuju se izvanredno kratkim vremenom brušenja i osiguravaju visoku tačnost izradaka.

Strugalice za zupčanike (sl. 229) služe za naknadnu finu obradu bokova zubi cilindričnih zupčanika s ravnim ili s kosim



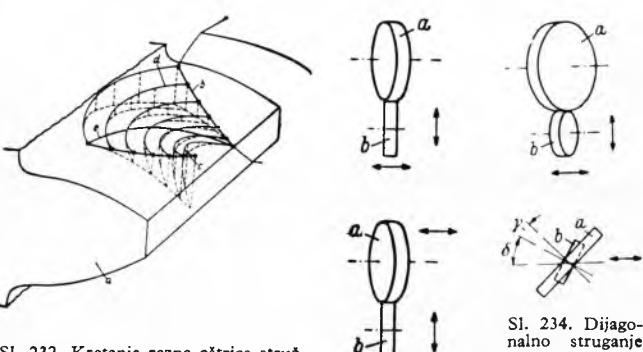
Sl. 229. Strugalica za zupčanike



Sl. 230. Rezni zubi stružnog zupčanog kola

zubima operacijom struganja. Struganje je postupak obrade skidanjem strugotine i primjenjuje se samo na nekaljenim zupčanicima sa svrhom poboljšanja finoće površine bokova zubi prethodno obrađenih odvalnim glodanjem, dubnjem ili blanjanjem. Struganjem ne mogu se otkloniti greške ozubljenja iz prethodne obrade, moguće je samo izvjesno smanjenje i ublaživanje tih grešaka.

Pri struganju stružno zupčano kolo (sl. 230 i 231) skida se bokova zubi vrlo finu strugotinu. Rezni alat je u stvarnosti vrlo tačan cilindrični zupčanik s kosim zubima. U bokove zubi stružnog zupčanog kola urezani su rezni utori koji sižu od glave do nožišta reznih zubi. Pri struganju stružno zupčano kolo je — pod utjecajem sila na bokove zuba — bezrčno spregnuto sa zupčanicom, uslijed čega rezne ivice stružnog kola istodobno skidaju strugotine sa obaju bokova zubi u međuzubnom prostoru. Uslijed zakošenja zubi na stružnom kolu, osi stružnog kola i zupčanika mimošodno se križaju pod izvjesnim kutom γ (sl. 234) u zavisnosti od kuta uspona na stružnom kolu i na zupčaniku. Mimošodnost osi uvjetuje da je rezni put oštrilice po boku zuba



Sl. 232. Kretanje rezne oštice stružnog kola naprma boku zuba. a zub zupčanika, b rezna oštica stružnog kola pri zahvatu glave zuba, c rezna oštica stružnog kola pri zahvatu nožišta zuba, d put pojedinih tačaka rezne oštice, e rezni put oštice po boku zuba

Sl. 233. Paralelno struganje

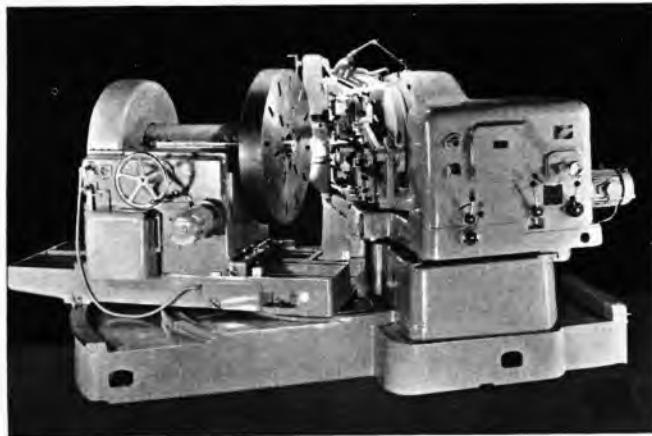
Sl. 234. Dijagonalno struganje

krivulja koja osigurava jednake uslove rezanja po dubini boka zuba (sl. 232). Smanjivanjem odnosno povećavanjem mimošodnog kuta γ (izborom stružnog kola određenog kuta uspona) stvaraju se optimalni uslovi struganja u odnosu na materijal zupčanika. Stružno kolo čini sa spregnutim zupčanicom navojno-odvaljni prigon kod kojeg osim odvaljnog klizanja u ravnini rotacije nastupa i navojno klizanje u smjeru osi (krivulja e u sl. 232), uslijed čega svaka oštica stvara ljuštenu strugotinu. Dodaci za struganje po boku zuba kreću se od 0,015 do 0,05 mm, u zavisnosti od modula ozubljenja. Bokovi zubi stružnog kola i zupčanika spregnuti u navojno-odvaljni prigon dodiruju se uzduž dodirne krivulje (e u sl. 232) uvijek u tačkama, što olakšava prodiranje rezne oštice u materijal zupčanika uz upotrebu razmjerno male sile.

Pri struganju zupčanik je upet medu šiljcima na kojima se slobodno okreće. Stol, na kojemu se nalaze prihvativi jahači, zaokretno je podešiv, a učvršćen je na donjem stolu, koji je uzdužno pokretljiv. Stružno zupčano kolo upeto je na trnu glavnog vretena, čije je vretenište zaokretljivo oko vertikalne osi. Pogon dobiva samo stružno kolo, koje zahvaća zupčanik pod izvjesnim pritiskom. Posmično uzdužno kretanje izvršuje uzdužni stol, s time da se pri promjeni smjera kretanja stola konzola podigne za dubinu struganja određena za svaki prolaz. Na strugalicama mogu se strugati i korigirati zubi po evolventi, odnosno po dužini izvodnice boka zubi. Korekcija se postiže njišćim uzdužnim hodom stola.

Razlikuje se paralelni i dijagonalni struganje. Pri paralelnom struganju (sl. 233) stružno se kolo a okreće ostajući na svom mjestu; zupčanik b se posmično pomiče u pravcu svoje osi nekoliko puta u jednom i drugom smjeru, a u pravcu vertikal-

nom na os stružnog kola daje mu se postepeno i dubinski pomak. Alternativno postoji postupak pri kojem se stružno kolo okreće i posmično pomjera u pravcu osi zupčanika, a zupčaniku je dat samo postepeni dubinski pomak. Pri dijagonalnom struganju (sl. 234) stružno kolo *a*, koje se okreće, ostaje na mjestu, a zupčanik *b* se posmično kreće amo-tamo u smjeru koji s osi zupčanika čini kut $\delta \approx 5\text{--}35^\circ$. Zupčaniku je dat i postepeni dubinski pomak.

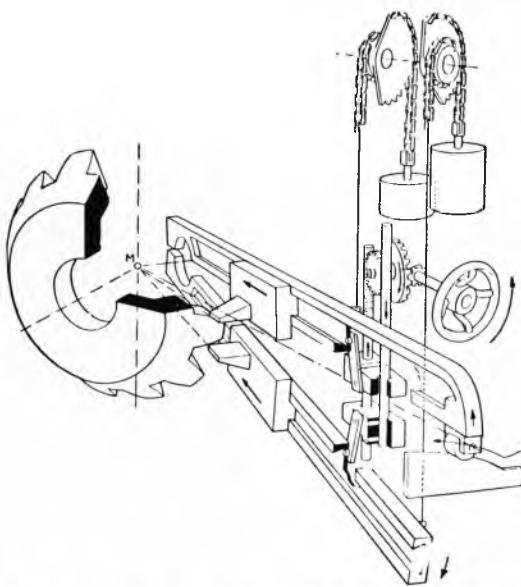


Sl. 235. Kopirna blanjalica za stožne zupčanike

Kod drugoga rješenja stružno kolo se okreće i uzdužno pokreće u smjeru koji je prema osi zupčanika nagnut za kut δ , a zupčaniku je dat samo postepeni dubinski pomak.

Struganje bokova zubi zupčanika pretežno se upotrebljava u izradi zupčanika za motorna vozila. Vrijeme struganja je razmjerno kratko, osobito u slučaju automatiziranog procesa struganja.

Kopirne blanjalice za stožne zupčanike. Strojevi za bljanje stožnih zupčanika uz kopiranje evolventnog boka zuba sa šablone (sl. 235) upotrebljavaju se za izradu većih i velikih

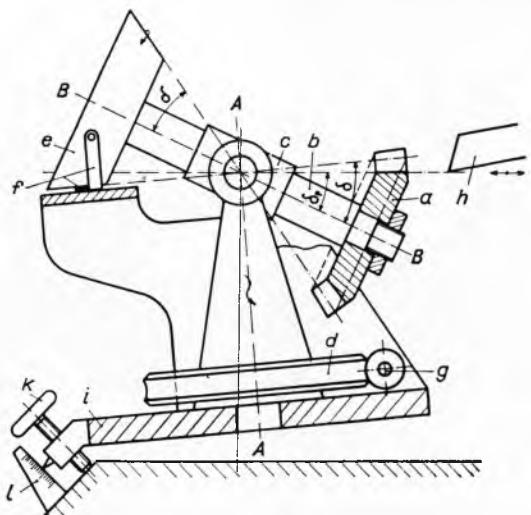


Sl. 236. Bljanje zubi stožnog zupčanika kopiranjem sa šablone

stožnih zupčanika s ravnim zubima. Vodice klizača reznih noževa međusobno su povezane posebnim mehanizmom tako da se vrhovi obaju reznih noževa kreću po pravcima koji se sijeku (sl. 236), a međusobni položaj tih pravaca određen je položajem malog kola na šabloni. Pojedini zubi obraduju se od glave zuba prema nožištu, pri čemu se stožni zupčanik, odnosno vretenište, zaokreće oko vertikalne osi kroz tačku *M*.

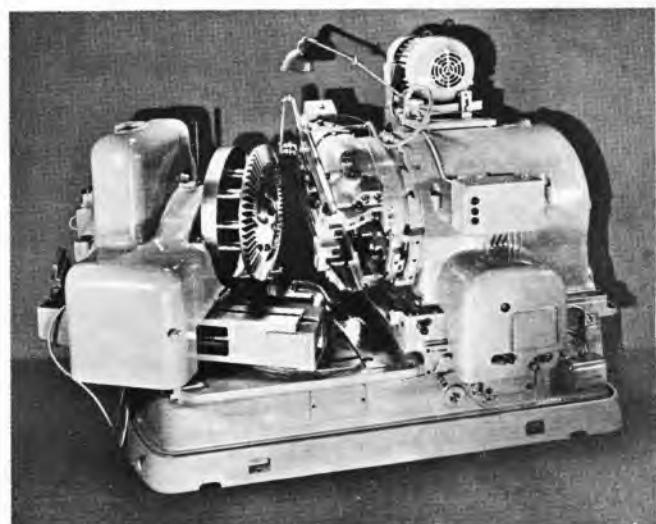
Pri obradi stožnih zupčanika najprije se međuprostori između zubi posebno ožljebljaju po jednim plosnim ili stepenastim nožem (istovremeno po dva međuprostora) a onda se bok zubi blanja po šabloni s pomoću dva simetrična rezna noža, i to u jednoj ili više grubih obrada i u jednoj finoj obradi. Nakon obrade jednog zuba slijedi automatsko dijeljenje do slijedećeg zuba. Prednosti su tog postupka što je rezni alat vrlo jednostavan i reže samo svojim unutarnjim vrhom a ne reznom oštricom, i što se ovim postupkom mogu izraditi najrazličitiji oblici bokova zubi, jer oblik zavisi o šabloni. Mane su postupka što je za svaki broj zubi zupčanika i za svaki oblik zuba potrebna posebna šabloni i što je učin obrade razmjerno malen. Upotrebljava se samo pri obradi pojedinih stožnih zupčanika i pri obradi velikih zupčanika.

Odvaljne blanjalice za stožne zupčanike s jednim reznim nožem (Bilgram) po hodu reznog noža slične su kratko-



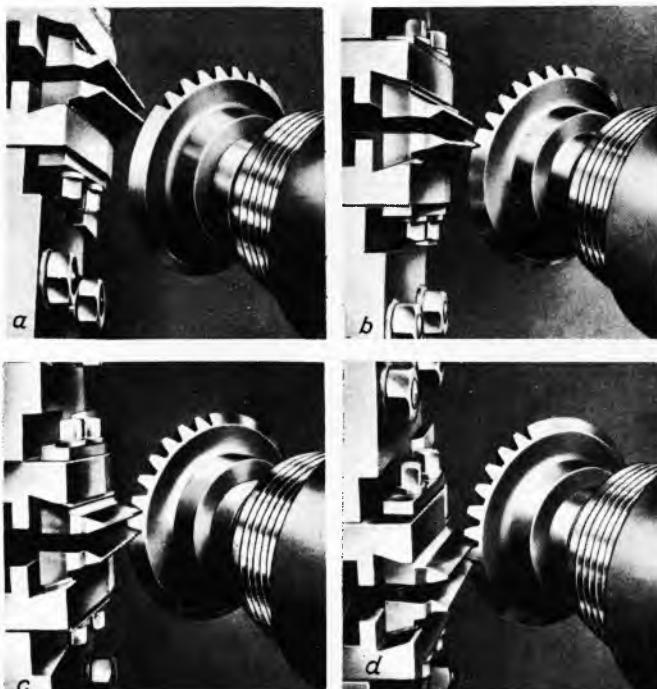
Sl. 237. Odvaljno bljanje zubi stožnog zupčanika s jednim reznim nožem

hodnim blanjalicama. Rezni nož *h* trapeznog presjeka (sl. 237) pravocrtno se kreće a stožni zupčanik *a* postepeno se odvaljuje zajedno s vretenom *c* i odvaljnim lukom *e*, koji je vrpcom *f* vezan na ravninu odvaljivanja. Pužni prenos *g*, *d* ostvaruje odvaljno posmično kretanje. Podesnim vijkom *k* dovodi se nožište zuba na putanju hoda noža *h*. Hodom tog noža definiran je zamišljeni ravn stožni zupčanik koji miruje u prostoru. Odvaljni stožac na prihvatom vretenu stožnog zupčanika ima isti vršni kut kao

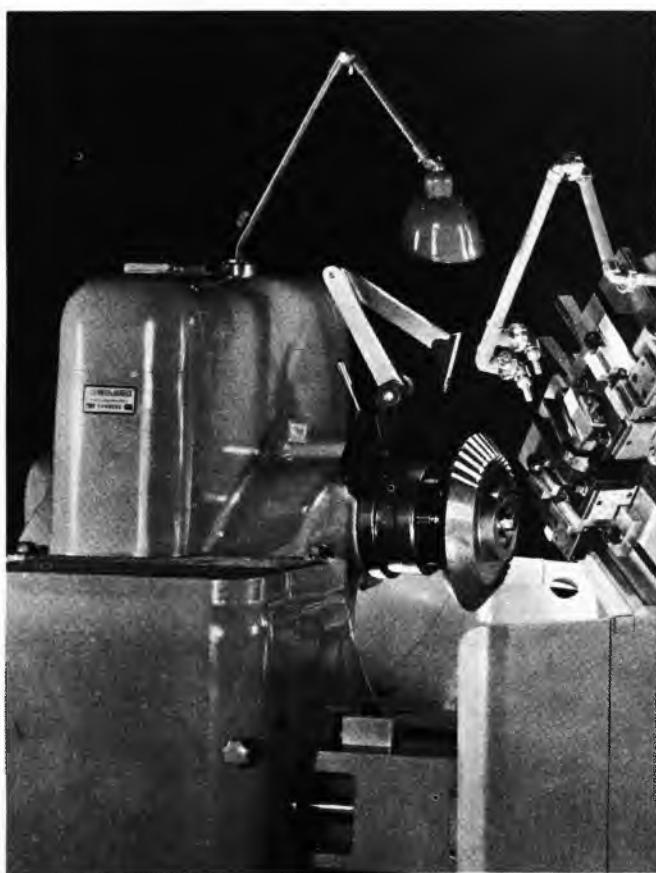


Sl. 238. Odvaljna blanjalica za stožne zupčanike s dva rezna noža

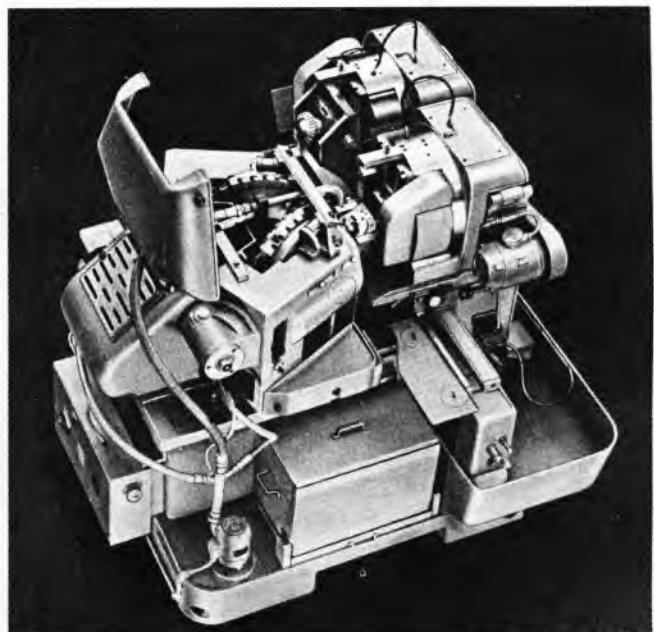
diobeni stožac zupčanika. Teoretski je za svaki diobeni vršni kut potreban po jedan odvaljni stožac. Pri obradi stožnog zupčanika, nakon svakog prolaza reznog noža slijedi dijeljenje do slijedećeg zuba. Za vrijeme obrade stalno se zupčanik odvaljuje i nakon punog odvaljivanja zubi zupčanika su na jednom boku



Sl. 239. Odvaljno bljanje stožnog zupčanika s dva rezna noža. *a* ulaz donjeg noža u stožni zupčanik; *b* početak rada gornjeg noža na protuboku zuba; *c* obrada obaju bokova novog zuba; *d* odvaljivanje završeno, slijedi izlaz reznih noževa, povratno odvaljivanje i dijeljenje



Sl. 240. Položaj zupčanika i reznih noževa pri dijeljenju u povratnom odvalnjnom hodu



Sl. 241. Odvaljna glodalica za stožne zupčanike uz pojedinačno dijeljenje (izvedba Duplex)



Sl. 242. Položaj reznih kola prema bokovima stožnog zupčanika

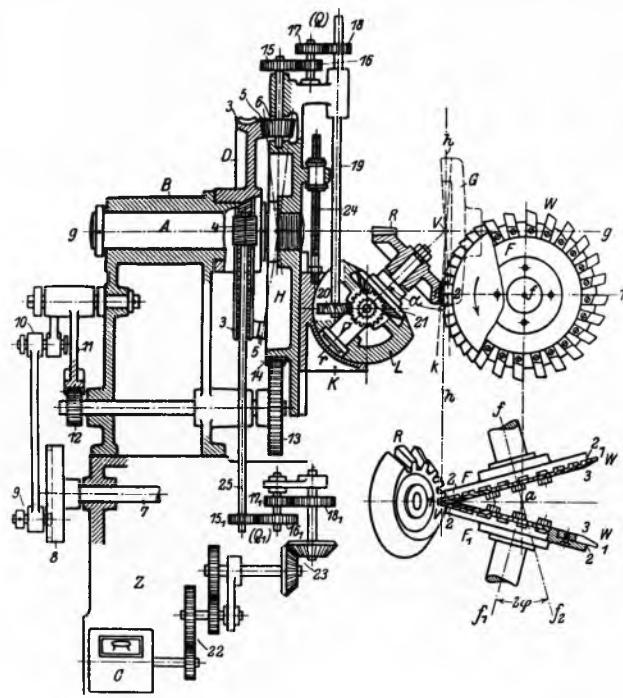
Sl. 243. Zahvat reznih kola sa stožnim zupčanicom

obrađeni. Slijedi obrada drugog boka na svim zubima ponovnim odvaljivanjem cijelog sektora odvaljnog stošca. Na odvaljnim bljanalicama mogu se izradivati zupčanici s ravnim i s kosim zubima.

Odvajne bljanalice za stožne zupčanike sa dva rezna noža (sl. 238) obraduju stožne zupčanike s ravnim i kosim zubima postupkom odvaljivanja i pojedinačnim dijeljenjem. Pri ovom postupku odvaljuje se stožni zupčanik zajedno sa zamišljenim ravnim stožnim zupčanikom koji je definiran uzdužnim kretanjima noževa i njihovim zaokretanjem oko vrha diobenog stošca. Kut koji zatvaraju vodilice noževa je podesiv. Oba noža kreću se u svojim vodilicama protusmjerno gonjeni jednom dvostrukom polugom. Rezne oštice noževa u pokretu određuju zamišljen ravni stožni zupčanik s ravnim bokovima zubi, na kojima se odvaljuju bokovi zubi zupčanika-izrata (sl. 239). Pri odvalnjom bljanju ulazi u stožni zupčanik donji rezni nož, a zatim gornji nož zahvaća otvoreni protubok novog zuba. Dalnjim odvaljivanjem obraduju se bokovi zuba dok nisu obe obrađeni. Slijedi izvlačenje reznih noževa iz ravnine ravnog stožnog zupčanika, povratni odvaljni hod stožnog zupčanika i noževa (sl. 240), pojedinačno dijeljenje za jedan zub na stožnom zupčaniku i automatski prilaz reznih noževa u ravninu zamišljenog zupčanika. Zatim počinje obrada slijedećeg zuba. Pri gruboj obradi može se obraditi pojedinačno svaki zub, zatim po dva zuba istovremeno, pri čemu dijeljenje ide preko dva zuba. Nakon grube obrade slijedi fina obrada pojedinog zuba sa obe rezna noža. Rezni noževi su raz-

mjerno dugi prizmatični štapovi učvršćeni svojom donjom i postranom plohom na svoj klizač. Odvaljne blanjalice za obradu stožnih zupčanika sa dva rezna noža su strojevi velike produktivnosti i unutar obrade jednog stožnog zupčanika obrada je automatizirana sve do završetka obrade svih zuba.

Odvaljne glodalice za stožne zupčanike s ravnim i kosim zubima (sl. 241) izrađuju stožne zupčanike uzdužnim odvaljivanjem, pri čemu se istodobno obrađuju oba boka meduprostora zubi uz pojedinačno dijeljenje od zuba do zuba (sl. 243). Rezne oštice dvaju reznih kola čvrsto postavljenih u prostoru određuju ravne bokove zubi zamišljenog ravnog stožnog zupčanika, koji miruje u prostoru (sl. 242). Rezne oštice pojedinog kola leže na plasti stoča, uslijed čega obrađeni bokovi zubi dobivaju bačvast oblik. Rezni noževi su tako porazmješteni na kolima da u prolazu kroz međuzubni prostor Zub jednog kola slijedi za zubom drugog kola. Promjer reznih kola je tako velik da se bez posmaka uzduž izvodnice boka može obraditi cijeli bok zuba. Nožište međuzubnog prostora je uslijed toga udubljeno. U sl. 244 prikazana je shema pogona odvaljne glodalice. Osi reznih kola nepomične su u prostoru. Odvaljno i posmično kreće se samo stožni zupčanik. U slici je R stožni zupčanik, F i F_1 rezna kola, G zamišljeni stožni zupčanik, H zaokretna ploča upeta u osovinu A , D diobeni kolo, C diobeni uredaj. Njihalno kretanje prenosi se dijelovima od 7 do 14. Kola 5, 6, (Q_1), 18, 20 zaokreću stožni zupčanik R , a s pomoću kola 22, 23, (Q_2), 25, 4, 5 zaokreće se zupčanik R za jednu diobu. Izmjenljivi zupčanici 15, 16, 17, 18, Q ostvaruju odvaljno kretanje. U Q_1 i Q_2 nalaze se identični protusmjerni prenosi kako bi se isključilo djelovanje diobenog uredaja C na odvaljno kretanje za vrijeme samoga dijeljenja.



Sl. 244. Shema pogona odvaljne glodalice za stožne zupčanike

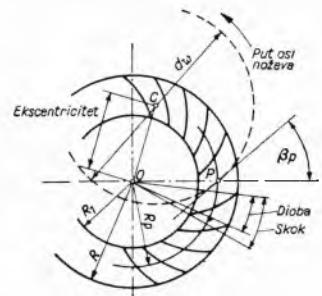
Horizontalnim odvaljivanjem stožnog zupčanika ispred reznih oštice obaju reznih kola urezuju se oba boka meduprostora zubi. Slijedi dijeljenje i ponovno odvaljivanje stožnog zupčanika u protusmjjeru prema prethodnom odvaljivanju. Odvaljne glodalice izvanredno su produktivne i vrijeme obrade vrlo je kratko. Kod izvedbe Duplex odvaljne glodalice (sl. 241) moguće je upinjanje novog stožnog zupčanika dok se prvi zupčanik nalazi još u obradi. Nakon završetka obrade stroj automatski prebací sklop vreteništa i počinje obradu novog zupčanika.

Odvaljne glodalice za stožne zupčanike sa zakriviljenim zubima. Na njima se mogu u ravni stožni zupčanik umjeti

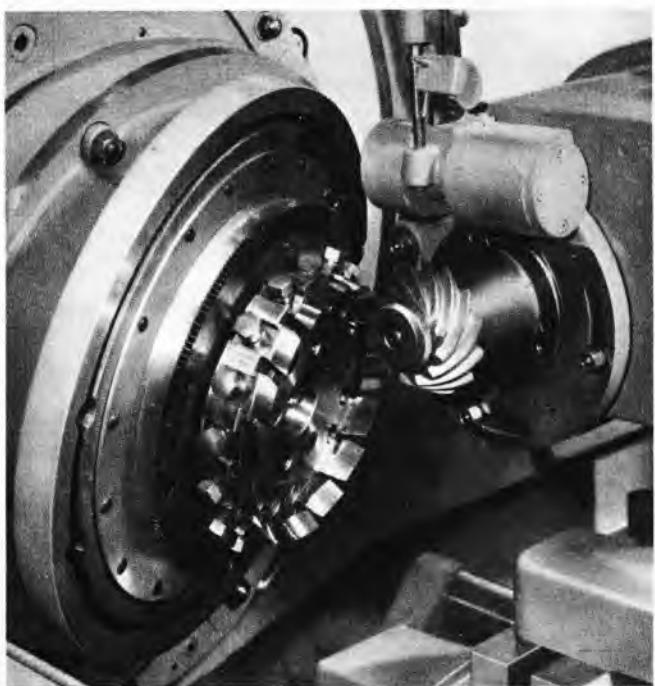
kružnica, evolventa i cikloida. Bez obzira na krivulju, broj zubi zamišljenog stožnog zupčanika z_p izračunava se iz broja zubi para stožnih zupčanika z_1 i z_2 s pomoću jednadžbe $z_p^2 = z_1^2 + z_2^2$, jer su osi obaju zupčanika jedna na drugu okomite.

Ozubljenje stožnih zupčanika sa zakriviljenim zubima proučava se najbolje na zamišljenom ravnom stožnom zupčaniku (sl. 245), čiji vanjski polumjer R odgovara duljinama vanjske izvodnice stožnog zupčanika a unutarnji polumjer R_1 unutarnej izvodnici. Za proračun stožnog zupčanika izabire se u sredini zakriviljenog zuba tačka P i na tu tačku odnose se svi proračuni. Čeoni modul u tački P je $m_p = 2 R_p/z_p$, ako je R_p duljina izvodnice. Normalni modul m_p se izračunava iz $m_p = m_t \cos \beta_p$. Normalni modul m_p može biti jednak duž cijele krivulje, a može i varirati kao što je to slučaj i s kutom β_p .

Odvaljna glodalica za stožne zupčanike sa kružno zakriviljenim zubima (Gleason, sl. 246) obrađuje stožne zupčanike čeonim kružnim reznim kolom na čijem su obodu učvršćeni rezni noževi trapeznog profila. Ti noževi u pokretu definiraju ravan stožni zupčanik, na kojem se odvaljuje zupčanik-izradak. Pri tome se svaki put obradjuju oba boka meduprostora zubi. Nakon



Sl. 245. Ravni stožni rezni zupčanik sa kružno zakriviljenim zubima



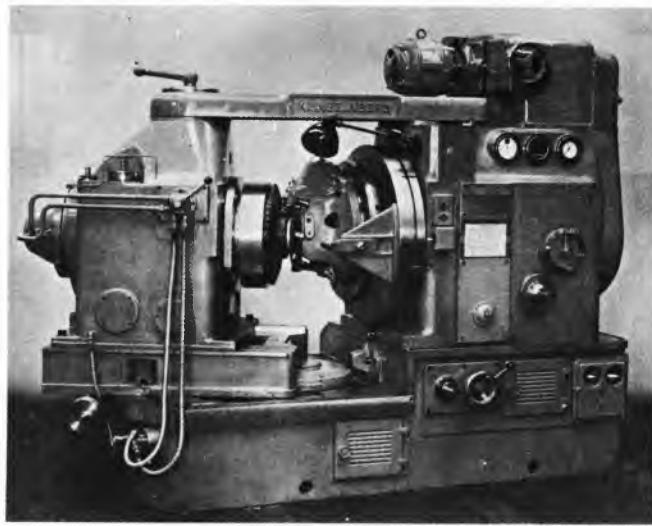
Sl. 246. Odvaljna glodalica za stožne zupčanike s kružno zakriviljenim zubima. Zahvat čeonog kružnog reznog kola sa stožnim zupčanicom

odvaljne obrade izmakne se rezno kolo iz zahvata i prelazi u početni položaj, a isto tako i zupčanik. Za vrijeme povratnog hoda izvrši se intermitentno dijeljenje za jedan zub i ponovno se odvaljivanjem — s primaknutim reznim kolom — obrađuje slijedeći meduprostor zubi. Dubina zubi je duž krivulje jednaka, uslijed čega su zubi tanji na unutarnjoj vršnoj distanciji R_1 nego na vanjskoj distanciji R . Ako se rezno kolo postavi tako da se duž krivulje smanji dubina zuba, smanjiti će se razlika između vanjske i unutarnje debljine zuba.

U sl. 247 prikazana je shema pogona odvaljne glodalice za stožne zupčanike, bez prigona za posmak i brzinu rezanja reznog kola. Put noževa reznog kola I predstavlja u prostoru ravni stožni zupčanik. Osovina reznog kola uležištena je u kućište 2, koje se može ekscentrično učvrstiti u vodilicama od-

valjnog bubnja 3. Osovina rezne glave 1 tako je uležištena da se može učvrstiti u svakom nagnutom položaju, tj. izvan položaja paralelnog s odvaljnom ravniom 3. Nagibanje rezne glave omogućuje da se podesi zahvatni kut ozubljenja bez promjene samih reznih noževa. Rezno kolo dobiva pogon od elektromotora 4 preko niza zupčanika. Stožni zupčanik 5 upet je u osovinu vreteništa 6 i dobiva odvaljno kretanje i intermitentno diobeno kretanje od pužnog prigona 7. Odvaljno kretanje izaziva posebni elektromotor 8, koji goni osovini 9 prekrenog prigona 12. Na osovinu 9 nalazi se aksijalna krivulja 10 s pomoći koje se pri ulazu i izlazu iz zahvata s reznim kolom pomicaju aksijalno vretenište 6 radi povratnog odvaljnog hoda i intermitentnog dijeljenja. Druga aksijalna krivulja 11 izaziva povratno odvaljno kretanje prebacivanjem čeljusne spojke. Odvaljni bubenj 3 dobiva pogon preko pužnog prigona 13, a stožni zupčanik pokreće se preko izmjenljivih zupčanika 14, diferencijalnog prigona 15 i diobenog mehanizma 16. Dijeljenje se izvršuje za vrijeme povratnog odvaljnog hoda preko izmjenljivih zupčanika 17, koji su vezani za diferencijalni prigon 15. Diobenim mehanizmom mogu se izvršiti sva potrebna dijeljenja bez mijenjanja nekih diobenih ploča. Ako se namjesto reznog kola upne u glavno vreteno čeona profilirana brusna ploča, mogu se stožni zupčanici s kružno zakriviljenim zubima brusiti u bočnim plohami zubi.

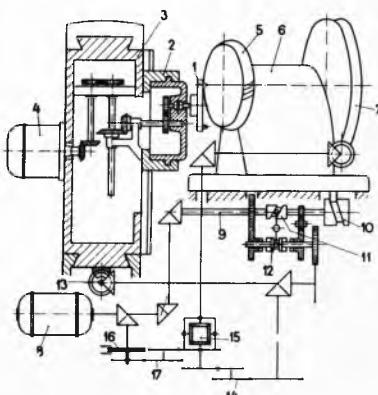
Odvaljne glodalice za stožne zupčanike s evolventno zakriviljenim zubima (paloidnim ozubljenjem, Klingelnberg, sl. 248), obraduju stožne zupčanike kontinuirano stožnim odvaljnim glodalom koje većim svojim promjerom zahvaća vanjski a manjim unutarnji



Sl. 248. Odvaljna glodalica za obradu stožnih zupčanika s evolventno zakriviljenim zubima

promjer stožnog zupčanika (sl. 249 i 250). Pri obradi cilindričnih zupčanika s ravnim ili kosim zubima (sl. 251) tangencijalnim postupkom odvaljivanja zaokrene se os cilindričnog odvaljnog glodala tako da pri svome posmičnom kretanju (a) zahvaća cijelu širinu zupčanika.

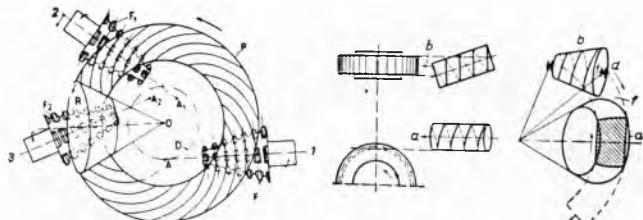
Put cilindričnog glodala (b) predstavlja neograničeno dugu zubnu motku, koja je u zahvatu s cilindričnim zupčanicom. Pri obradi stožnog zupčanika stožno odvaljno glodalo b opisuje put



Sl. 247. Shema pogona odvaljne glodalice za stožne zupčanike s kružno zakriviljenim zubima



Sl. 249. Zahvat stožastog odvaljnog glodala sa stožnim zupčanicom



Sl. 250. Odvaljno stožno glodalo u zahvatu s ravnim evolventnim zupčanicom i sa stožnim zupčanicom - izratkom

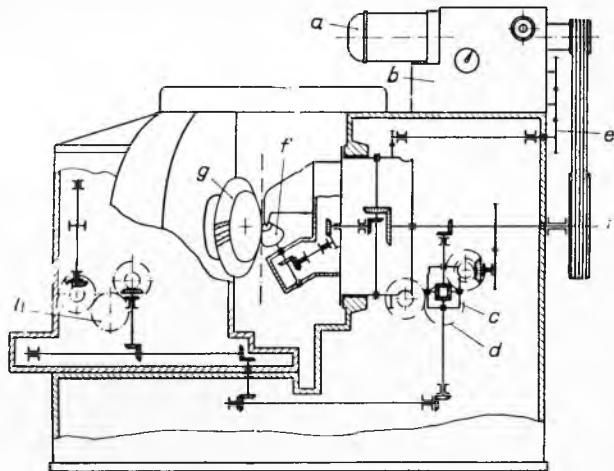
Sl. 251. Analogni prikaz obrade cilindričnog zupčanika s cilindričnim odvaljnim glodalom i obrade stožastog zupčanika sa stožastim odvaljnim glodalom

u obliku kružnog luka. Odvaljno stožno glodalo tako se postavi prema stožnom zupčaniku, odn. prema ravnom evolventnom zupčaniku, da su njegovi krajevi nejednako udaljeni od vrha diobenog stoča. Za vrijeme kretanja d oko vrha diobenog stoča opisuje izvodnica glodala lučnu plohu f, čija širina mora da odgovara širini zuba stožnog zupčanika. Diobene krivulje su evolvente (sl. 250) na zamišljenom ravnom stožnom zupčaniku. Izvodnica stožnog odvaljnog glodala je nešto udubljena, uslijed čega se na unutarnjem i vanjskom kraju zuba dobiva nešto veća dubina zuba i time postaju zubi uzduž svoje evolventne izvodnice bačvasti.

Theoretski se stožno odvaljno glodalo postavi prema ravnom zupčaniku P tako da os glodala tangira temeljni krug evolvente D u tački A (sl. 250, položaj 1). Tangente uzduž zavojnice odvaljnog stožnog glodala imaju različite kutove uspona u zavisnosti od promjera glodala i smjerovi ovih tangenata ne poklapaju se sa smjerovima tangenata na evolventama zupčanika P u dodirnim tačkama, pa ne može nastati korektni profil zakriviljenog zuba. Stoga se os glodala zaokrene tako (položaj 2) da prethodna tačka dodira A ulazi u unutrašnjost temeljnog kruga i zauzima položaj A₁. Ovom korekcijom se postiže da se na unutarnjem krugu zupčanika P tangentna na zavojnicu stožastog odvaljnog glodala poklapa s tangentom na evolventi. U svim ostalim dodirnim tačkama dolazi time do zadovoljavajućeg poklapanja obiju tangenata

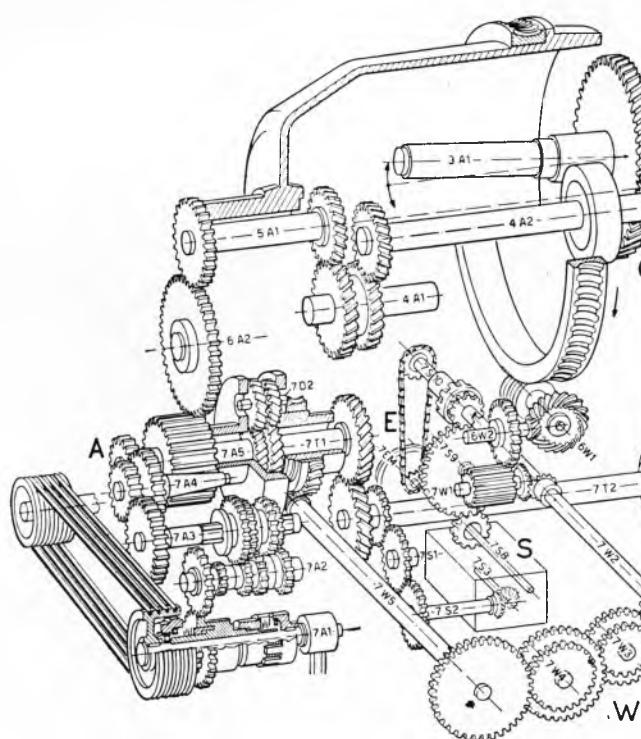
(unutar izvjesne širine zuba i unutar izvjesnih kutova β_p). Odvaljnim kretanjem iz položaja 2 kroz položaj 3 i izlaskom na protivnu stranu ozubljuje se stožni zupčanik.

Glodal se okreće u zavisnosti od propisane brzine rezanja. Stožni zupčanik slijedi ovo kretanje kao da je u zahvatu s glodalom. Okretajima zupčanika P dodaje se polagano odvaljno kretanje odvaljnog bubnja preko diferencijalnog prigona.



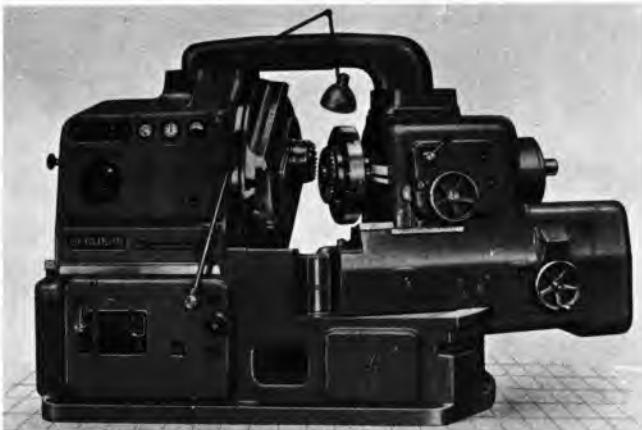
Sl. 252. Shema pogona odvaljne glodalice za stožne zupčanike s evolventno zakriviljenim zubima

U sl. 252 prikazana je shema pogona odvaljne glodalice za stožne zupčanike s evolventno zakrivljenim zubima. Pogonski motor a goni odvaljnu glodalicu preko varijatora b , koji omogućuje da se automatski održi konstantna brzina rezanja za vrijeme obrade stožnog zupčanika. U početku obrade režu samo rezni zubi na većem promjeru glodala, a pri izlazu režu samo rezni zubi na malom promjeru glodala.



Iz varijatora b uzima se pogon za odvaljivanje preko diferencijalnog prigona c i izmjenljivih zupčanika d . Iz diferencijalnog prigona c uzima se pogon za izmjenljive diobene zupčanike h i za stožni zupčanik g koji se nalazi u zahvatu sa odvaljnim stožastim glodalom f .

Odvaljna glodalica za stožne zupčanike sa cikloidno zakrivljenim zubima (Oerlikon, sl. 253) obraduje stožne zupčanike čeonom reznom

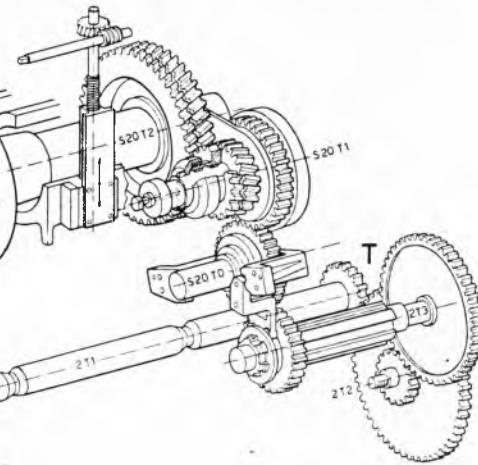


Sl. 253. Odvaljna glodalica za stožne zupčanike sa cikloidno zakrivljenim zubima

glavom u kojoj se nalazi više slogova reznih noževa (sl. 254 i 256) od kojih je jedan obično predrezač, a ostala dva obrađuju jednu i drugu bočnu plohu međuprostora zubi. Slijedeći slog obrađuje drugi međuprostor zubi. Cikloidno (eloidno) ozubljenje ima konstantnu visinu zuba i nastaje, zbog konstantnog diobenog kretanja, prekrivanjem okretnjā čeonog reznog kola i stožnog zupčanika i odvalnjim kretanjem odvaljnog bubenja.

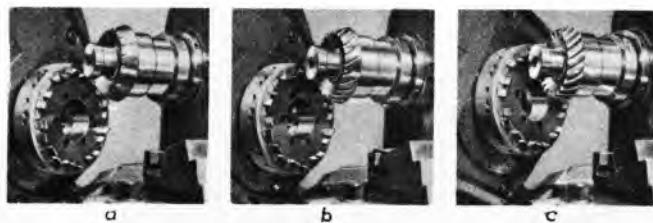


Sl. 254. Zahvat čeone rezne glave sa stožnim zupčanikom



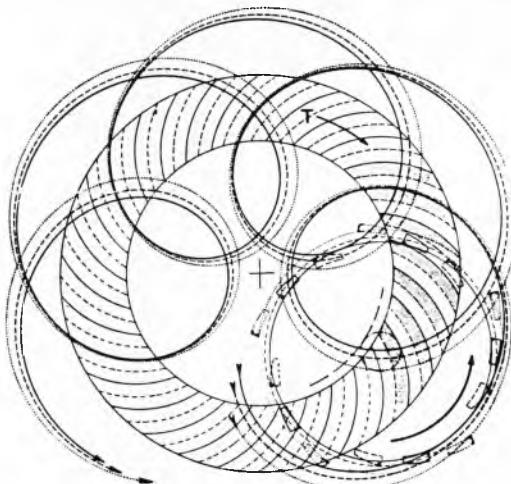
Sl. 255. Shema pogona odvaline glodalice za stožne zupčanike sa cikloidno zakrivljenim zubima

U sl. 257 prikazano je prekrivanje okretanja rezne glave i okretanja stožnog zupčanika. U prikazanom slučaju prolaze pojedini slogovi reznih noževa kroz svaki peti međuprostor zubi. Rezna oštrica unutarnjeg noža leži na najmanjem krugu (izvučena linija), rezna oštrica vanjskog noža leži na većem krugu (crtkana linija), a rezna oštrica predrezača na najvećem krugu (tačka kasta linija). U prolazu grupe noževa kroz međuprostor zubi nastaje na unutarnjem boku zuba veća zakrivljenost nego na vanjskom boku i time je osigurano nalijeganje bokova zubi u sredini bočne plohe. Diobene krivulje ravног zupčanika su dijelovi produžene epicikloide različite zakrivljenosti. Kutna brzina tog zupčanika je konstantna.



Sl. 256. Faze odvaljnog glodanja stožnih zupčanika sa cikloidno zakrivljenim zubima, a početak rezanja zubi, b prorezivanje duljine zubi, c završna obrada

nika izračunava se iz jednadžbe $\omega_p = \omega_w z_w / z_p$, a kutna brzina stožnog zupčanika iz jednadžbe $\omega_t = \omega_w z_w / z = \omega_p z_p / z$, gdje je ω_w kutna brzina rezne glave, z_p broj zubi zamišljenog ravnog zupčanika, z_w broj grupe noževa i z broj zubi stožnog zupčanika. Pri tim kretanjima — reznog kola i stožnog zupčanika — rezne oštice noževa obrađuju bokove zuba samo na jednoj te istoj uzdužnoj izvodnici i ne nastaje oblikovanje bočnih ploha.



Sl. 257. Cikloidno kretanje sloga reznih noževa prekrivanjem okretanja čeonog reznog kola i okretanja stožnog zupčanika-izratka odnosno zamišljenog reznog ravnog stožnog zupčanika

Ako se osi rezne glave dodaje polagano kružno kretanje (odvaljno) oko osi zamišljenog zupčanika (sl. 254), rezne ivice grupe noževa obraditi će bočne plohe zubi uzduž svih izvodnica od glave do nožista zuba. Dodatno odvaljno kretanje rezne glave prenosi se i na okretanje stožnog zupčanika posredstvom diferencijalnog prigona (sl. 255), koji se nalazi iza prigona za biranje brzina okretanja rezne glave, a djeluje na okretanje odvaljnog bubnja i na okretanje stožnog zupčanika. Diferencijalni prenos mijenja se izmjenljivim zupčanicima W , a diobeni prenos izmjenljivim zupčanicima T . Posmični prigon S uzima pogon od diferencijalnog prigona. Zaokretanjem odvaljnog bubnja ostvaruje se odvaljno kretanje zupčanika-izratka po ravnom zupčaniku.

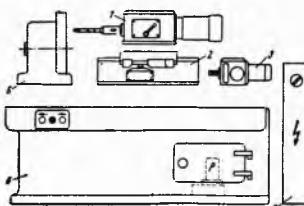
SPECIJALNI ALATNI STROJEVI

Specijalni alatni strojevi prvenstveno se upotrebljavaju kad treba u većim količinama obraditi izratke postupkom za koji ne bi bila ekonomski opravdana primjena alatnih strojeva čvrsto vezanih uz pojedine postupke obrade, tj. normalnih bušilica, tokarilica, blanjalica, glodalica, brusilica itd.

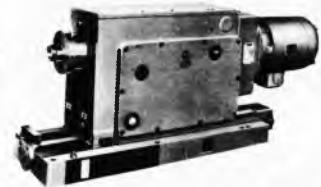
Specijalni alatni strojevi sastavljaju se po ugradnom sistemu od standardiziranih ugradnih jedinki stepenovanih po učinu ili izmjeni, tako da se sam alatni stroj u potpunosti po svojoj konceptiji prilagodava tehnološkom postupku obrade određenog izratka. Alatni strojevi konstruirani na principu ugradnih jedinki odlikuju se velikom fleksibilnošću i prilagodljivošću tehnološkim zahtjevima, niskim troškovima izrade i mogućnošću sastavljanja velikog broja specijalnih alatnih strojeva od standardnih jedinki. Cijeli ugradbeni sistem takvog stroja obuhvaća (sl. 258): radne jedinke 1, s pomoći-

kojih se obrađuje izradak bušenjem, tokarenjem, glodanjem itd.; stolne jedinke 2, koje služe za tačno vođenje; posmične jedinke 3, s pomoći kojih se stolnim jedinkama dodjeljuje određeni posmak ili brzi hod; upravljačku jedinku 4, s pomoći koje se radom stroja upravlja; taktne jedinke 5, s pomoći kojih se izvršuje taktni pomak izratka, i postoljne jedinke 6, na kojima se montiraju pojedine radne, stolne, posmične i taktne jedinke.

Radne jedinke (sl. 258, 1). Prema vrsti obrade razlikuju se: jedinke za bušenje (rezanje navoja) (sl. 259), za glodanje, za tokarenje, za brušenje, za blanjanje i za izvlačenje. (Jedinke za blanjanje, brušenje i izvlačenje manje se upotrebljavaju u sklopu



Sl. 258. Raščlanjavanje jedinki

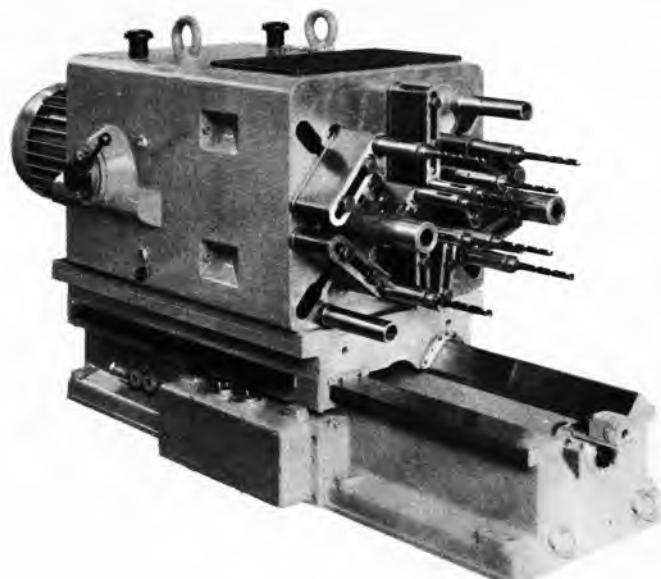


Sl. 259. Jedinka za bušenje s vretenom u uloženju u pinoli montiranom na stolu jedinke

specijalnih strojeva.) Osim toga postoje još u sklopu radnih jedinki vretenišne i pogonske jedinke.

Radne jedinke primaju pogon od prigradenog elektromotora i sastoje se od kućišta s tačno uloženim glavnim vretenom. Prema namjeni vretena, ono ima jednu ili više brzina okretanja, pri čemu se brzine vretena mogu mijenjati izmjenom para izmjenljivih zupčanika ili biranjem brzina na višeosovinskim prigonima ugrađenim u kućište radne jedinke.

Jedinke za bušenje izvode se s pinolom i bez nje, s uredajem za rezanje navoja i bez njega. Vreteno je kratko, uloženje jednostavno. **Jedinke za glodanje** imaju dugo kruto vreteno vrlo tačno uloženo u kućištu jedinke ili u tačno vođenoj pinoli. Elektromotorski je pogon preko klinastih remena, zupčanika ili pužnog prenosa. **Jedinke za tokarenje** imaju dugo kruto vreteno, tačno uloženo u kućištu jedinke. Pogon je elektromotorom preko klinastih remena, zupčanika i pužnog prenosa. Dodatni uredaji služe za čeono i za oblikovano tokarenje. **Vretenišne jedinke** (sl.



Sl. 260. Vretenišna jedinka s priključenim razvodnim prigonom za viševreteno bušenje, montirana na stolnu jedinku

260) sastoje se od jednostavnog kućišta u kojem se nalazi precizno uloženo vreteno. Područje upotrebe vretenišnih jedinki prekriva sve vrste obrada tokarenjem, izbušivanjem, glodanjem i (u manjoj

mjeri) bušenjem koje ne postavljaju neke posebne zahtjeve u pogledu pomaka, podizanja i stezanja pinole, u pogledu čeonog tokarenja itd. Pogonski prigon i redukcioni prigon (radi mijenjanja brzine okretanja vretena) dograduju se na vretenišne jedinice, ili se redukcioni prigon nalazi u prirađenom razvodnom prigonu u kojemu su uležištena radna vretena. *Pogonske jedinice* (sl. 261) su najjednostavniji elementi ugradnog sistema i sastoje se od kutnika s ugradenim prirubnim elektromotorom. Pogonske jedinice

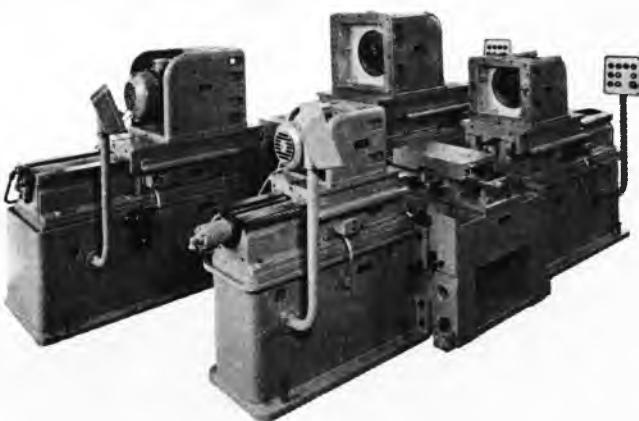
lično-električni sistem, s hidrauličnim posmakom i električkim upravljanjem preko magnetskih ventila; c) električno-hidraulički sistem, s električnim posmakom i hidrauličnim upravljanjem preko hidrauličnih spojki; d) električno-mehanički sistem, s električnim posmakom i mehaničkim upravljanjem preko graničnika i sklopki.

Prednosti su hidrauličnog posmaka što je regulacija veličine posmaka bestepena, što je priključivanje raznih steznih uredaja i prekopčavanje smjera kretanja pri velikim brzinama jednostavno i što je podmazivanje posmičnog uredaja automatsko.

Električni sistem ima prednost što je cijeli sistem upravljanja vrlo pregledan, što je izrada jednostavna, što su pogonska sigurnost i neosjećljivost na promjene temperature velike. Elektromehanički posmični sistemi izvode se: a) sa prigonima s pomoću krivulja, pri čemu pogonski motor pokreće preko redukcionog (podesivog) priona bubanj ili ploču na kojoj su pričvršćene razne krivulje; upotreba je ograničena jer krivulje ne dopuštaju velike rasponne u brzinama; b) s posmičnim i brzinskim prigonima, koji imaju jedno brzinsko kretanje i nekoliko po mogućnosti izmjenljivih posmičnih kretanja, što se ostvaruje ugradnjom jednog ili dvaju pogonskih elektromotora ili ugradnjom jednog pogonskog i više elektromagnetskih spojki. Posmične jedinice stepenovane su po učinu, odnosno po momentu okretanja.

Upravljačke jedinice (električne, elektrohidraulične itd.) upravljaju svim kretanjima radnih i stolnih jedinki, tj. uključuju i isključuju posmični i brzinski hod stolnih jedinki, uključuju i isključuju rad glavnog radnog vretena i upravljaju hodom stolnih jedinki i radom glavnih vretena u raznim mogućim kombinacijama. Upravljačko uključivanje stolnih jedinki obuhvaća: mirovanje stola, brzi prilazni hod, brzi povratni hod, prilazno posmično kretanje, povratno posmično kretanje, jednohodni put, dvohopodi put, dvohopodi put s jednakim povratkom, dvohopodi put s proizvoljnim načinom povratka, dvohopodi put sa simetričnim povratkom, dvohopodi put s oduškom, dvohopodi put s ispraznjivanjem, dvohopodi njihalni put itd. Upravljačko uključivanje radnih vretena obuhvaća uključivanje hoda vretena u desnom i lijevom smjeru, uključivanje promjene smjera hoda vretena i zaustavljanje vretena, povezano s izvršenjem u zavisnosti od kretanja stolnih jedinki.

Taktne jedinice su nosioci izradaka, upetih u njihovim zahvatnim stegama i pričvršćenih na njihovu stolu. Po obliku i namjeni mogu biti: a) okretnе stolne, stepenovane po promjeru stolova, s različitom diobom taktova po obodu stola prema potrebi obrade; upotrebljavaju se na specijalnim strojevima s obodnim



Sl. 261. Dvputni specijalni alatni strojevi s ugrađenim pogonskim jedinkama

služe obično za pogon viševretenih bušnih glava koje se prigradjuju na njihov priključni okvir. Potrebni prigoni za mijenjanje brzine ili potrebni redukcionii prigoni ugrađeni su u viševretenim bušnim glavama.

Radne jedinke nemaju posmičnog priona. Uslijed toga su u konceptijskom pogledu vrlo jednostavne i vrlo pogodne za prigradnju na standardizirane stolne jedinke, na koje se dograduju razne posmične jedinke. Radne jedinke su stepenovane po učinu u nekoliko veličina.

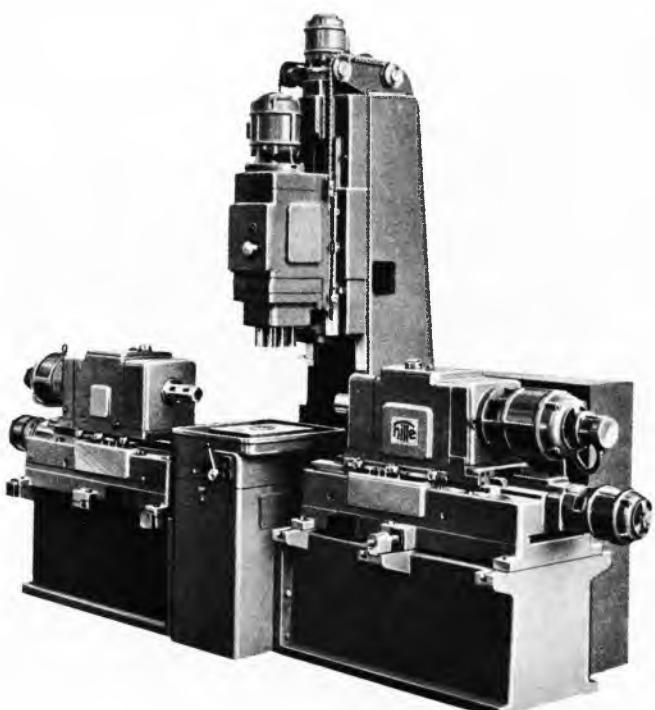
Stolne jedinke imaju zadaću da ravno vode radne jedinke montirane na stolu, odnosno da ravno vode prihvativne stuge s umetnutim izratkom. One se sastoje od ravne stolne ploče koja je vodena na vodilicama postoljne ploče (plosna stolna jedinka) ili na vodilicama posebne krute posteljice (visoke stolne jedinke, v. sl. 260). Vodilice zbog svoje krutosti dozvoljavaju prigradnju na postolje samo na nekoliko obrađenih tačaka. Obje vrste stolnih jedinki mogu se izvesti kao podesive stolne jedinke, na kojima se ručnim pomakom preko vretena može podešavati potrebni položaj radne jedinke prema izratku, i kao posmične stolne jedinke, u kojem slučaju se na njih dograduju ručne, elektromehaničke, hidraulične ili pneumatske posmične jedinke. Upravljački elementi (obično kontaktne krajne sklopke) ugrađuju se na posteljici, a odgovarajući graničnici na užljebljenoj letvi montiranu na stolnoj ploči.

Stolne jedinke u nekoliko veličina stepenovane su po širini stolne ploče.

Posmične jedinke prigradjuju se na stolne jedinke i zadaća im je da ostvare potrebna posmična i brza kretanja na stolnim jedinkama. Posmične jedinke dijele se u tri grupe: 1. mehaničke posmične jedinke sa posmičnim pogonom s pomoću krivulja, padnih puževa, centrifugalne sile itd.; 2. hidraulične ili pneumatske posmične jedinke sa pogonom s pomoću ulja ili uzuđa pod pritisom, mehanički ili električki upravljane; 3. elektromehaničke posmične jedinke s jednim pogonskim elektromotorm (za posmično kretanje) ili s dva elektromotora (za posmično i brzo kretanje).

Mehaničke posmične jedinke su najjeftinije, ali im je primjena ograničena jer se krivuljama mogu postići samo razmjerno mali pomaci, odnos veličina posmičnog i brzinskog kretanja je razmjerno malen, nemoguće je postići daljinsko upravljanje a teško se ostvaruju kombinacije raznih potrebnih kretanja.

Između hidrauličnih i električnih sistema upravljanja posmičnim jedinkama ne postoji jasno razgraničenje. Razlikuju se ovi sistemi: a) hidraulično-mehanički sistem, s hidrauličnim posmakom i mehaničkim upravljanjem preko graničnika i zasuna; b) hidrau-



Sl. 262. Troputni dvohopodi specijalni alatni stroj

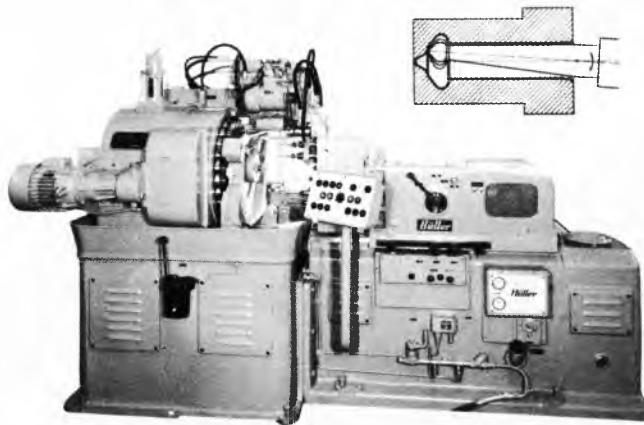
rasporedom radnih jedinki; b) okretne stolno-prstenaste, stepenovane po promjerima stolova; upotrebljavaju se na specijalnim strojevima sa središnjim rasporedom radnih jedinki; c) okretne bubnjlaste, vertikalno položene s horizontalnim osovinama; upotrebljavaju se na specijalnim strojevima kojima se izraci obraduju istovremeno na suprotnim stranama; d) uzdužno pomicne; radne se jedinke u tom slučaju raspoređuju na jednoj ili na objema uzdužnim stranama postolja na kojoj klizi uzdužno pomicna taktna jedinka. Pogon taktnih jedinki je elektromehanički ili hidraulični, pri čemu se radom automatski upravlja iz upravljačke jedinice.

Izvedba specijalnih alatnih strojeva. Specijalni alatni strojevi dijele se u temeljnim crtama na dvovodne specijalne alatne strojeve, na kojima izradak relativno miruje, i specijalne strojeve s taktnim pomakom izratka od jedne do druge radne jedinke. Prema upotrebljenim radnim jedinkama, mirujućim prihvatnim stolovima, odnosno taktnim jedinkama, moguće je nepregledan niz različitih izvedbi unutar ove temeljne podjele.

Pri obradi izratka na *dvovodnim specijalnim alatnim strojevima* izradak miruje pričvršćen u zahvatnoj stezi montiranoj na pričvršnom stolu, a izradak se obraduje jednim dvostrukim hodom (brzi prilaz, posmak i brzi povrat) jedne ili više radnih jedinki, koje su u zavisnosti od izratka porazmještene oko izratka, snabdjevene odgovarajućim reznim alatima (svrdlima, navojnim svrdlima, bušnim motkama, glodalima itd.). Ako se izradak obraduje samo jednom radnom jedinkom, dvovodni specijalni stroj je jedno-putan, ako se obraduje dvjema radnim jedinkama (sl. 261) ili više njih (sl. 262), istovremeno ili u fazno pomaknutom vremenu, on je višeputan. U svakoj radnoj jedinki može biti jedan rezni alat ili njih više. Dvovodni specijalni alatni strojevi izvode se i s ručnom ili automatskom promjenom sloga alata, tako da u prvom dvohodu obraduju izradak prvim sloganom alata, a u drugom dvohodu drugim sloganom.

Pri obradi izradaka na *specijalnim alatnim strojevima s taktnim pomakom* izradak prolazi u taktu koji odgovara najduljoj obradi kroz sve stanice radnih jedinki i na njima se jednim prolazom potpuno obradi različitim reznim alatima. Prema vrsti kretanja izratka, odnosno prema vrsti upotrebljenih taktnih jedinki, dijele se taktni strojevi u okretne i uzdužne. *Okretni taktni strojevi* dijele se prema rasporedu radnih jedinki na stolne, prstenaste i bubnjlaste. Na stolnim okretnim taktnim strojevima (v. prilog) radne jedinke raspoređuju se oko okretne taktnе stolne jedinke, na prstenastim (sl. 263) se radne jedinke smještaju unutar središta

i angažirana je uvijek samo jedna radna stanica. Redni uzdužni taktni strojevi se upotrebljavaju samo kad se izradak može obraditi u malom broju stanica (2 do 5) i kad obrada u jednoj stanici traje znatno duže nego obrada u svim ostalim radnim stanicama. Pri takvoj pojedinačnoj obradi izratka razlika u vremenu obrade nije važna jer se pojedini taktni strojevi određuju prema vremenu obrade u pojedinim stanicama. Transferni uzdužni taktni specijalni strojevi (v. prilog) obraduju istovremeno na svim radnim stanicama istovjetne izratke, upete u posebnim napravama i smještene na transfernoj traci koja prolazi između radnih jedinki. U svakoj radnoj stanicici obavlja se jedna operacija s pomoću jednog ili više reznih alata. U slijed operacija uklaplje su i operacije prihvata izratka, njegovo stezanje u prihvatnu napravu, međukontrola pri obradi, otpuštanje i vodenje gotovog obrađenog izratka i vraćanje slobodne prihvatne naprave u početni položaj. Proces obrade je potpuno automatiziran. Nakon svakog takta — koji je jednak vremenu obrade na onoj radnoj stanicici gdje je ono najdulje — završava se obrada jednog izratka. Transferni uzdužni taktni specijalni strojevi po svojoj konceptiji i konstrukciji u potpunosti zavise od izratka koji obrađuju.



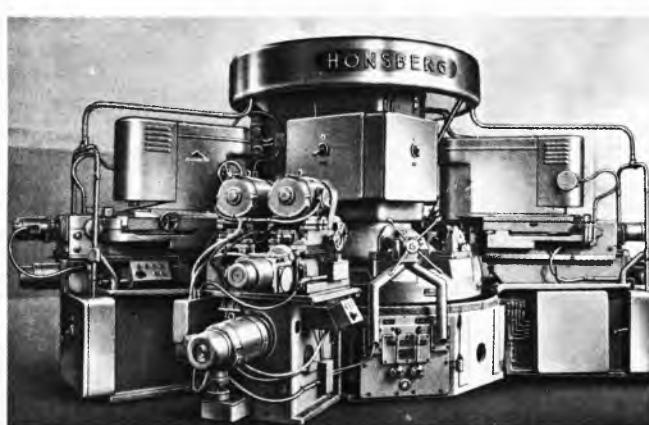
Sl. 264. Jednoputni dvovodni specijalni alatni stroj s vertikalnim taktnim bubenjem za obradu sapnica

Gradeni od standardiziranih radnih, stolnih, posmičnih i taktnih jedinki, transfervni uzdužni taktni strojevi mogu se — unutar izvjesnih granica — pregradivati i upotrijebiti za obradu istovjetnih izradaka drugih izmjera. Težište je upotrebe transfervnih uzdužnih alatnih strojeva u motornoj i automatskoj industriji i u masovnoj proizvodnji strojnih dijelova.

LIT.: W. P. Turner i F. O. Halsey, Machine tool work; fundamental principles, New York 1945. — M. E. Егоров и В. И. Дементьев, Технология механической обработки металлов, Москва 1946. — H. C. Town, Modern machine tools, London 1947. — D. Mandl, Bušenje, Zagreb 1949. — E. Matić, Alat i mašine alatke, Beograd 1949. — P. Stanković, Mašine alatke, Beograd 1950. — H. Schallbroch, Bohrbarbeit und Bohrmaschine, München 1951. — O. Dürr i O. Wachter, Hydraulische Antriebe, München 1952. — C. O. Herb, Machine tools at work, New York 1953. — H. D. Burghardt i A. Axelrod, Machine tool operation, Pt. 1–2, New York 1953–54. — F. Schwedt, Spanende Werkzeugmaschinen, Berlin 1956. — Hall and Linsley, Machine tools, New York 1957. — N. S. Atschkerkan, Werkzeugmaschinen, Berlin 1958. — F. R. Riegel, Rechnen an spanenden Werkzeugmaschinen, Berlin 1958. — A. R. Métral, dir., La machine outil, Paris 1953–59. — Ю. А. Шувалов и В. А. Веденский, Металлорежущие станки, Москва 1959. — H. Schöpke, Getriebe, München 1960. — G. Graupner, Fräsmaschinen, Berlin 1961. — O. Ly.

ALATNI STROJEVI ZA OBRADU DRVETA, alatni strojevi čije osobine uslovljava drvo kao materijal obrade. Mali otpori rezanja i male količine toploće koje se razvijaju na oštricama alata omogućuju velike brzine rezanja (do 90 m/s), velike brzine posmaka (do 80 m/min) i velike brojevne obrtaje (do 28 000 o/min) koji su karakteristični za te strojeve.

Konstrukcije stalaka i drugih osnovnih nosivih elemenata moraju biti statički i dinamički krute zbog velikih brzina rotacije i alternacije pokretnih dijelova. Oblici su kutijasti i okvirni sa velikim brojem rebara. Materijal izrade je pretežno sivi liv. Čelične varene konstrukcije se redje upotrebljavaju mada u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji mogu biti jeftinije. Brzohodni ležajevi su po pravilu sa kuglicama, specijalne izvedbe i specijalne tačnosti. Ponekad su ugrađeni sa elastičnim aksijalnim predna-



Sl. 263. Okretni prstenasti taktni specijalni alatni stroj sa 10 radnih jedinica

okretne taktne stolno-prstenaste jedinke, a na bubenjastim (sl. 264) radne su jedinke horizontalno položene oko vertikalnog bubenja i na njima se mogu obradivati izraci na jednoj ili na objema protupoštenim stranama. Na svim okretnim taktnim specijalnim strojevima omogućena je tekuća (stalna) obrada dijelova bez prekidanja samih operacija obrade. *Uzdužni taktni specijalni alatni strojevi* dijele se na redne i transferne. Na rednim taktnim specijalnim strojevima izradak se u taktu kreće od jedne radne stanice do druge i nakon obrade враћa se u početni položaj gdje se izvršava izmjena izradaka. U obradi se nalazi samo jedan izradak